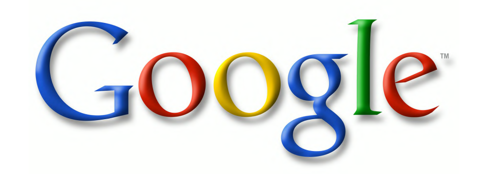
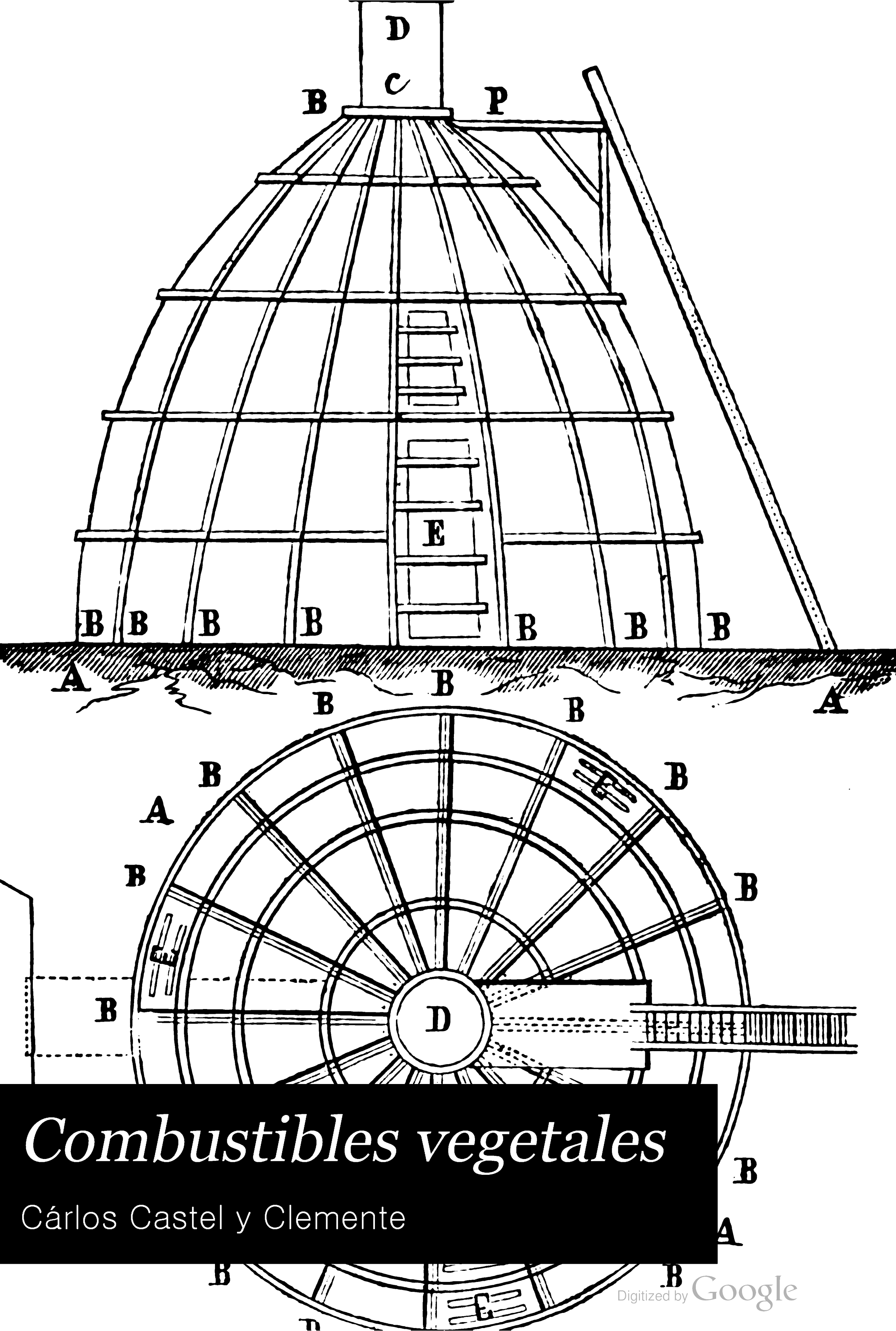

Google

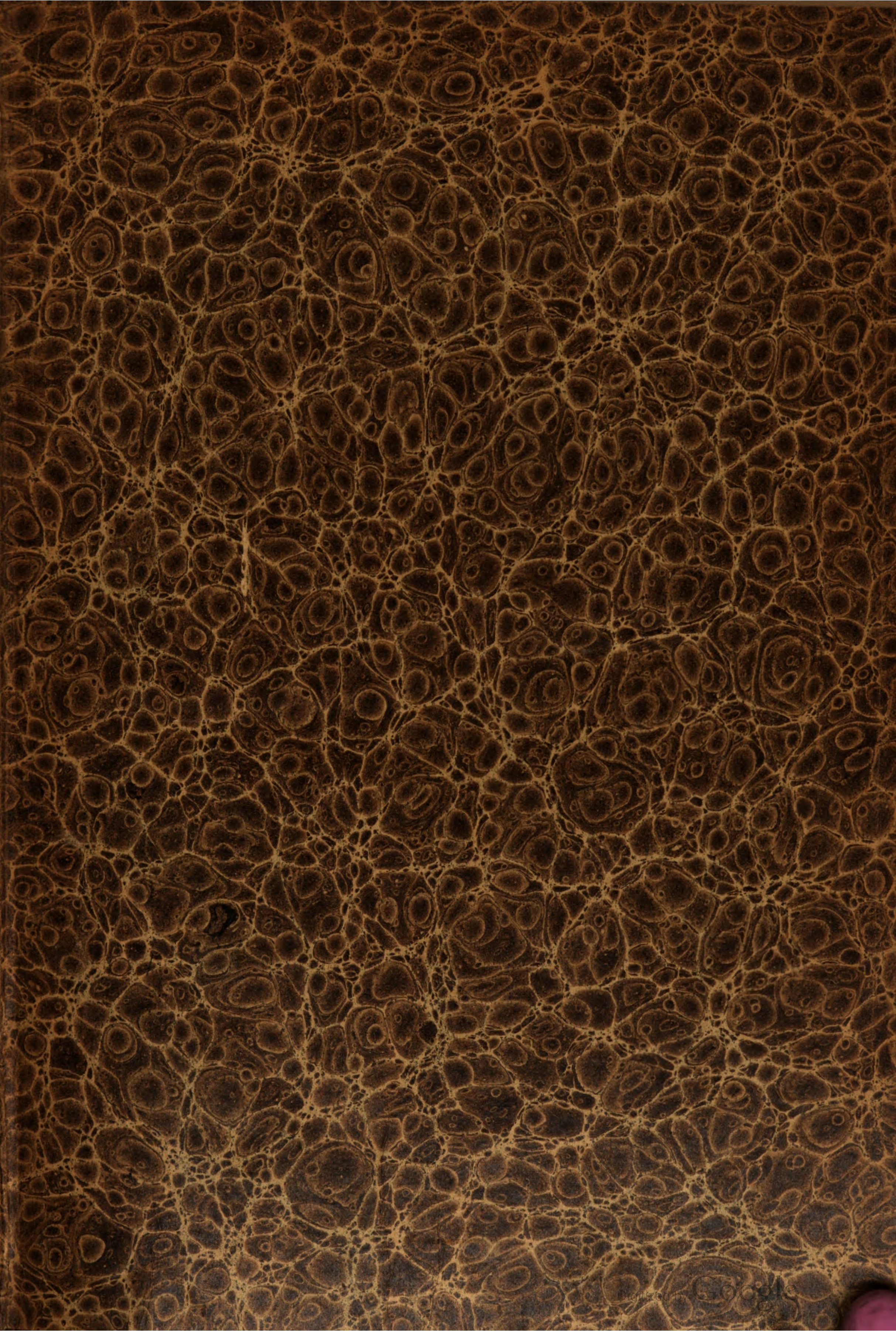


Combustibles vegetales

Cárlos Castel y Clemente



Tnk
C27
JP
HARVARD UNIVERSITY
ARNOLD ARBORETUM
PRESENTED ~ BY ~ CHARLES ~ SPRAGUE ~ SARGENT
1892
DEPOSITED AT THE
HARVARD FOREST
1943
RETURNED TO
MARCH, 1967



COMBUSTIBLES VEGETALES

TEORÍA Y PRÁCTICA

DE LA COMBUSTION, CARBONIZACION Y DESTILACION DE LA MADERA

POR

DON CARLOS CASTEL Y CLEMENTE

INGENIERO DE MONTES

MADRID
IMPRENTA DE RAMON MORENO Y RICARDO ROJAS
calle de Isabel la Católica, 10

1885

Dec. 1908
18980

COMBUSTIBLES VEGETALES

Al desempeñar, hace algunos años, la clase de *Industria forestal* en la Escuela de Ingenieros de Montes, hube de notar la falta de un *Tratado* que, ajustándose á las condiciones de nuestra produccion y desarrollo posible de las industrias que sacan la primera materia de los montes, sirviera de texto á los alumnos y de general enseñanza para cuantos á este ramo de la industria se dedican.

Con desconfianza en el éxito, pero convencido de la utilidad que semejante obra podria reportar á los fines que la dicha Escuela se propone, comencé á reunir datos para ella, los cuales, por causas ajenas á mi voluntad, han quedado incompletos y abandonados. Otros con mejor fortuna llenarán este vacío. Miéntras tanto, he coleccionado algunos de mis apuntes referentes á un grupo natural de productos y de operaciones industriales, formando con ellos el presente Estudio. Por esto no se da mayor extension á puntos susceptibles de grande desarrollo. Son capítulos sueltos y no una obra completa lo que, como especial y grato recuerdo, ofrezco y dedico particularmente á los alumnos de la Escuela de Montes, en las siguientes páginas.

Madrid 1.° de Octubre de 1884.

CAPÍTULO PRIMERO

Combustion.

Ideas generales.—Entre las varias cualidades que poseen los vegetales, figura, y como de las más importantes, la facultad de producir luz y calor, devolviendo con ello al conjunto armónico de la Naturaleza la fuerza viva que del sol recibieron durante el proceso de su crecimiento. Son los vegetales poderosos condensadores que en estado potencial acumulan la energía desplegada al producirse la materia orgánica que los constituye, y como siempre que esto sucede—y áun con mayores facilidades que de ordinario en el caso presente,—dicha fuerza potencial tiende á recobrar su verdadera expresion, obrando como fuerza viva idéntica ó análoga á aquella de la cual es continuadora en el movimiento incesante de la Naturaleza.

Luz y calor imprimieron la actividad organizadora en los vegetales; y en luz y calor se trasforma nuevamente esta materia, dejando como residuo, sólido ó gaseoso, las materias inertes que, obedeciendo á aquella actividad, se congregaron para constituir los diversos órganos de la planta.

Si confundidos se presentan en su esencia la luz y el calor ante el concepto del físico, no lo están ménos en sus manifestaciones; dándonos buen ejemplo de ello los propios vegetales, que, segun las circunstancias en que verifican su descomposicion, originan calor y luz en pro-

porciones diversas, demostrando que, sea cualquiera el equivalente mecánico de ambas y la ley de su trasformacion, se reemplazan mutuamente y se sustituyen hasta el punto de que, merced á los adelantos de la ciencia, podemos hoy disponer aquellas condiciones con el fin de alcanzar mayor suma de uno ú otro de los referidos agentes.

En general, todo fenómeno producto de una combinacion entre dos ó más cuerpos, desarrollando calor y luz, se denomina *combustion*.

Para nosotros, sin embargo — encerrados en el campo de la industria, y pretendiendo estudiar este fenómeno en las materias vegetales, — la combustion consiste en la combinacion de los cuerpos con el oxígeno, y principalmente con el oxígeno de la atmósfera. Los cuerpos que así actúan unos sobre otros, son todos verdaderos combustibles; pero es regla general prescindir en esta nomenclatura del oxígeno del aire, y dar únicamente aquel nombre á los cuerpos que con él se combinan.

En la combustion de los vegetales, sólo éstos reciben el nombre de combustibles.

Por otra parte, para que el fenómeno en cuestion se verifique fácilmente es condicion indispensable que los cuerpos ó elementos de la combustion tengan grande afinidad para con el oxígeno; midiéndose ésta, no tanto por la energía verdadera que tiende á aproximarlos y combinarlos, como por la débil resistencia que los primeros opongan á destruir sus anteriores combinaciones, ó á romper y alterar su natural estado de equilibrio.

Los productos vegetales son en este sentido sustancias de las más fácilmente descomponibles, y reunen además la importante cualidad de hallarse abundantemente repartidas y á precios que les permiten competir con todos los otros manantiales de calor empleados en los usos comunes de la vida.

Principios combustibles de la madera. — Aun cuando es aplicable á todos los vegetales cuanto ha de decirse en el desarrollo de la teoría y práctica de la combustion y car-

bonizacion de las maderas, sólo á éstas haré en este momento referencia, porque ellas solas, provengan de unas ú otras partes del árbol, y á lo más de algunos arbustos que crecen en los montes, constituyen un verdadero aprovechamiento en el campo de las industrias forestales.

La materia leñosa se halla formada constantemente por la celulosa, lignina, savia, sustancias sólidas organizadas ó minerales, y agua. Las sustancias minerales fijas constituyen el residuo en cenizas, y el agua es evaporada completamente durante la combustion, resultando que sólo la celulosa, la lignina y la savia, con los productos organizados en el interior de los tejidos, son materias combustibles, y por lo tanto activas.

El agua es siempre perjudicial en el fenómeno que estudiamos, y su presencia origina considerable pérdida de calor empleado en producir su evaporacion cuando no alcanza, por mayor grado de temperatura, á descomponerse en sus dos elementos, dejando libre al oxígeno que se apodera de una cierta cantidad de carbono, disminuyendo el producto de la carbonizacion. Bien podríamos, mediante desecacion previa de la madera, eliminar el agua de vegetacion ó la que por virtud higroscópica absorbió y retiene fuertemente en sus tejidos; pero es imposible alcanzar este resultado sin grandes gastos, tratándose de un cuerpo que, áun en las mejores condiciones de desecacion natural, y trascurridos largos años despues de su apeo y labra mantiene hasta 17 por 100 de agua en peso, siendo precisa una temperatura de 150° actuando durante bastante tiempo para que aquella proporcion disminuya, reduciéndose á 1 ó 2 por 100.

En la práctica es preciso admitir que las maderas ó leñas contienen en el momento de la combustion, y en las mejores condiciones de tiempo y de lugar para la desecacion, un 20 por 100 de agua; resultando que su composicion, referida á la de otra madera completamente seca, es:

	MADERA SECA á 140°	MADERA con 20 por 100 de agua
Carbono	49,37	39,50
Hidrógeno	6,14	4,91
Oxígeno y nitrógeno	43,42	34,74
Cenizas	1,07	0,85
Hidrógeno y oxígeno en las proporciones para formar agua....	»	20,00
	100,00	100,00

Si consideramos que, de estas sustancias, el oxígeno y el hidrógeno desaparecen en parte formando agua, resultará como materia combustible de la madera el consignado en el siguiente cuadro:

MADERA (COMPOSICION MEDIA)

QUE, COMPLETAMENTE SECA, CONTIENE 43,4 POR 100 DE OXÍGENO

	COMPLETAMENTE SECA		CON 20 POR 100 DE AGUA	
Carbono		49,37		39,50
Hidrógeno	6,14		4,91	
Proporcion media al oxígeno	$\frac{43.4}{8} = 5,42$		$\frac{34,7}{8} = 4,34$	
Resta		0,72		0,57
Suma de materias combustibles		50,09 por 100		40,07 por 100

Pero la presencia del agua, no sólo disminuye la cantidad de las materias combustibles, sino que absorbe en su evaporacion una gran cantidad del calor producido, impidiendo además que la combustion se active y la temperatura se eleve hasta el punto reclamado por la mayoría de las industrias.

Teoría de la combustion. —El calor obra sobre todos los cuerpos, alterando la afinidad de sus elementos; siendo esta accion mucho más enérgica para con los compuestos organizados, los cuales no persisten sino entre límites precisos de presion y de temperatura. La materia leñosa, seca y en fragmentos no muy grandes, reune las mejores condiciones para la combustion, pues el aire llega á todas sus partes, y los productos volátiles hallan fácil salida á través de los intersticios celulares y vasos diseminados en el tejido del mayor número de las especies. Una temperatura de 140° á 150° es bastante para que comience claramente la salida de ciertos cuerpos contenidos anteriormente, pero trasformados en el momento mismo de la volatilizacion.

Cuando la temperatura aumenta, crece tambien la cantidad y la calidad de los productos originados, dando lugar á que, sometidas á temperaturas diversas, produzcan las leñas, por su descomposicion, cuerpos que difieren en el valor de sus componentes. Aumenta además esta diferencia segun tenga ó no acceso el oxígeno del aire, estableciendo los sistemas de *combustion al aire libre* y *destilacion en vasos cerrados.* En el primer caso, los productos volátiles se combinan con el oxígeno en virtud de afinidades especiales y enérgicas, produciendo luz y calor que hemos visto caracteriza vulgarmente la combustion; en el segundo ocurren trasformaciones cada vez más variadas á medida que aumenta la temperatura, y se origina la combustion sin luz, mantenida por el oxígeno del aire encerrado en los tejidos de la madera, y el que, unido á otros cuerpos, constituia parte de los propios tejidos y materias contenidas en los mismos.

Importa hacer notar, sin embargo, que, aunque íntimamente unidos, se suceden varios fenómenos, teóricamente independientes, en el acto de la combustion. Distingamos, para mejor apreciarlos, las tres fases de *calentamiento*, *combustion con llama* y *combustion sin luz* por que pasa la madera cuando actúan sobre ella el calor y el oxígeno de la atmósfera.

Sin que preceda un calentamiento producido por acciones mecánicas, como el rozamiento y el choque, ó bien por fenómenos químicos, como el de una combustion anterior, y en determinados casos una descomposicion ó podredumbre seca especial, las maderas no entran en combustion. Pero apenas esto se verifica por alguna de las causas dichas, los productos volátiles de la madera se forman y salen al exterior, combinándose con el oxígeno del aire, y entónces, inflamados espontáneamente cuando la temperatura es grande, ó mejor y con mayor frecuencia por el contacto de una llama cualquiera, arden ocasionando luz y calor, continuándose, merced al poder de este último, la produccion de nuevos gases en aquellas porciones internas de la madera á las que llega sucesivamente su accion. Cuando todas las materias volátiles é inflamables se han consumido, perdiéndose en la atmósfera los gases no combustibles y el vapor de agua, cesa la llama y queda como primer residuo de la combustion una masa incandescente que contiene todo el carbono de la madera, las sustancias minerales ó cenizas, y cierta cantidad de gases retenidos por el carbon en virtud de su gran poder absorbente. Hasta este momento, y durante la produccion de la llama, la combustion se ha verificado entre los gases y el oxígeno del aire, formando ambos una cubierta protectora alrededor del carbon, cuyo cuerpo no volátil apenas se ve disminuido, durante este segundo período, en aquellas pequeñas porciones que el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno propios de la madera utilizan en sus combinaciones. Cuando la llama termina y el oxígeno del aire se pone en contacto con el carbon enrojecido, co-

mienza la tercera fase de la combustion, determinada por la accion de ambos elementos originando el ácido carbónico y el óxido de carbono, á la vez que produciendo calor suficiente para mantener la incandescencia del carbon en su cara externa y porcion más ó ménos grandes de su masa.

Si el calor actúa sobre la madera encerrada en depósitos á los cuales no tiene acceso el oxígeno del aire, siendo mantenida la temperatura y consiguiente destruccion ó desorganizacion de la materia leñosa por calor que en el exterior produce la combustion de otros cuerpos, entónces se verifica la llamada *destilacion seca,* durante la cual, rotas las afinidades de las sustancias cuaternarias y ternarias contenidas en la celulosa, lignina, albúmina, fécula, azúcar, etc., etc., recobran su naturaleza gaseosa el oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, originando compuestos más sencillos, capaces de resistir la temperatura que no consiente su antigua constitucion. Así se cumple la ley que reconoce en el calor la fuerza más activa de la desagregacion molecular de los cuerpos simples, y el poder trasformar los compuestos en otros de órden inferior, que son en cada momento funcion de la temperatura á que se encuentran sometidos.

El carbono, no volátil, es el único que con las sales minerales contenidas en las cenizas resiste en este, como en el caso anterior, la accion del calórico, sin que deje de perderse alguna parte en combinacion con los gases que se desprenden, ni éstos se sustraigan por completo á la reabsorcion que el carbon ejerce sobre los mismos. Ambas acciones, sin embargo, varian con la temperatura, de tal modo que, con el aumento de ésta, acrece la afinidad de los primeros y disminuye ó cesa en su límite la absorcion que en las bajas temperaturas constituye una de las propiedades más notables del carbono procedente de los tejidos orgánicos.

Los conocidos trabajos de Mr. Violette acerca de la nfluencia de la temperatura en la cantidad y naturaleza

de los residuos de la carbonizacion se resumen en el siguiente cuadro:

TEMPERATURA	PESO del residuo de 100 k. de madera	COMPOSICION DEL RESIDUO			
		Carbono	Hidrógeno	Oxígeno y nitrógeno	Cenizas
200° c.	77,1	51,8	4,0	44,0	0,2
250	49,7	65,6	4,8	29,0	0,6
300	33,6	73,3	4,2	21,9	0,6
350	29,7	76,9	4,1	18,4	0,6
432	18,9	81,6	2,0	15,2	1,2
1.023	18,7	82,0	2,3	14,1	1,6
1.500	17,3	94,8	0,7	3,8	0,7
Fusion del platino.	15,0	96,5	0,6	0,9	2,0

Con objeto de hacer más patente la disminucion de las materias utilizables, las relaciones entre éstas y la cantidad que expresa la pérdida total en cada operacion á medida que aumenta la temperatura á que se someten las maderas, he formado el siguiente cuadro, que tiene por base las anteriores cifras de Mr. Violette:

TEMPERATURA	PESO del residuo de 100 kilógramos — *Kilógramos*	PRODUCTOS DE LA DESTILACION DE 100 KILÓGRAMOS DE MADERA				
		CONTENIDOS EN EL RESIDUO				VOLATILIZADOS — Gases
		Carbono	Hidrógeno	Oxígeno y nitrógeno	Cenizas	
200° c.	77,100	39,938	3,084	33,924	0,154	22,900
250	49,700	32,603	2,386	14,413	0,298	50,300
300	33,600	24,629	1,411	7,358	0,202	66,400
350	29,700	22,840	1,218	5,464	0,178	70,300
432	18,900	15,422	0,378	2,873	0,227	81,100
1.023	18,700	15,334	0,430	2,637	0,299	81,300
1.500	17,300	16,400	0,121	0,658	0,121	82,700
Fusion del platino.	15,000	14,475	0,090	0,135	0,300	85,000

Estas demuestran con toda claridad que á un aumento de temperatura corresponde un residuo de menor peso, aunque más rico en carbono. En cuanto á las cenizas, apenas sufren variacion alguna, pues constituyen la suma de sustancias minerales no descomponibles por la accion aislada de las fuerzas que concurren á la combustion de la madera.

CAPÍTULO II

Leñas.

Son la expresion más sencilla de los combustibles vegetales. Derivado su nombre del que se da en la ciencia á la region subcortical del tallo, sirve para designar toda porcion de madera empleada como combustible. En sentido amplio debemos entender por leña hasta los árboles enteros que se queman en algunos puntos para la obtencion de cenizas, y los que se incendian deliberadamente en el monte con objeto de producir *rasos* destinados al cultivo agrícola, allí donde éste es posible y los productos maderables carecen de valor por unas ú otras circunstancias. La práctica, sin embargo, excluye estos casos especiales, y aplica únicamente el nombre de leñas á los trozos de tallo, ramas ó raíces, cortados ó hendidos segun dimensiones determinadas, que varian con las costumbres y las necesidades de los pueblos. Así, por ejemplo, han desaparecido de los hogares, en las poblaciones de alguna importancia, aquellos enormes troncos de roble ó encina que, descansando sobre robustos morillos, ardian lentamente bajo monumentales chimeneas; y se consumen en cambio grandes cantidades de leña de raja en las cocinas modernas ó en las estufas, tan generalizadas para el calentamiento de las habitaciones.

Puntos hay en que la costumbre y hasta la ley establecen dimensiones determinadas para la leña que se apro-

vecha de los montes públicos, y en general para toda la que se lleva á los mercados: en España, sin embargo, nada hay de concreto en este punto, y las leñas varian, tanto en grueso como en longitud, no excediendo por lo comun de $0^{m},20$ de diámetro y $1^{m},50$ de longitud.

Potencia calorífica.—Siendo el objeto único de las leñas producir calor mediante su combustion, es del mayor interés la determinacion de su *potencia calorífica*, ó sea la cantidad de calor producido por un peso determinado de leña; pero esto, no en el concepto que de antiguo viene atribuyéndose á dicha propiedad—supuesta variable de unas á otras especies vegetales,—sino como valor en relacion de éstas á los demás combustibles.

Conocemos bastante la composicion genuina de las maderas, las propiedades de cada una de las sustancias elementales, y el fenómeno de la combustion, para deducir que aquella leña tendrá mayor potencia calorífica que á igualdad de peso y de humedad encierre mayor cantidad de carbono y de hidrógeno. Y como éste y el oxígeno se hallan aproximadamente en las proporciones necesarias para formar agua, resulta que el verdadero y casi único combustible de la madera es el carbono, contenido en la proporcion de 49,37 por 100 en la madera seca. De aquí—y sin entrar en otro género de consideraciones que tienen su lugar más propio al ocuparse de la combustion en general de las materias orgánicas—se deduce teóricamente que todas las leñas tienen la misma aptitud para engendrar calórico, mediante la oxidacion del carbono contenido en sus tejidos, y que todos éstos, conteniéndole en igual cantidad, poseen la misma potencia calorífica.

Sucede en este punto lo que sabemos ocurre al tratar de las densidades. Ni una ni otra son absolutamente idénticas, toda vez que á las sustancias elementales, carbono, hidrógeno, ázoe y oxígeno acompañan pequeñas cantidades de sales minerales, que la combustion deja por residuo en forma de cenizas; pero es tan pequeña la variacion en cantidad de estas sustancias, que el error cometido al

aceptar una constante para todas las especies queda muy inferior á las otras causas que siempre y necesariamente alteran el resultado práctico de las más detenidas experiencias. La potencia calorífica, como verdad teórica, no necesita indagaciones especiales; se deduce de la composicion química de las leñas, y es funcion constante de su densidad. No quiere esto, sin embargo, decir que la representacion numérica de dicho valor deje de ofrecer serias dificultades.

Los autores que más se han ocupado en investigaciones sobre la composicion de las maderas difieren en los resultados (hijos de los métodos de análisis y la perturbacion que introduce la presencia del agua), dándonos para el carbono cantidades que varian de 48 á 51 por 100 en la madera anteriormente desecada. A su vez, los que han estudiado la potencia calorífica del carbono la representan por cifras que varian de 7.161 (Dulong) á 7.224 calorías aceptadas por otros autores.

Siguiendo á Nördlinger, que admite la cantidad de 7.161 calorías, como expresion la más aproximada de la potencia calorífica del carbono, y 0,51 como contenido de esta sustancia en la madera, resulta:

Poder calorífico de la madera: $7.161 \times 0{,}51 = 3.652$ calorías.

Los ensayos directos ejecutados por diversos autores han dado:

Potencia de un kilógramo de madera.............	Segun Rumford............	3.654
	Segun Hassenfratz..........	3.675
	Ensayos en Bad Vigier	3.750
	Ensayos en Wesserling......	3.766

con diferencias hasta de 100 calorías, ó sea de un 2,7 por 100, ocasionadas indudablemente por la diversa sequedad de las leñas sometidas á la experimentacion, y además por la imperfeccion de los métodos seguidos, no siempre expuestos cual debiera, á fin de aquilatar en lo posible el valor de los resultados.

Dos son, en la ciencia, los métodos empleados para deducir la potencia calorífica de las leñas: el químico ó analítico y el físico. Al primero corresponden todos los procedimientos seguidos para el análisis de las sustancias elementales, y en particular del carbono y del hidrógeno; al segundo los que tienen por objeto medir el calor producido durante la combustion, ya se invierta en elevar la temperatura de otros cuerpos, bien en producir cambios de estado mediante la absorcion de una cierta cantidad de calórico latente. No es posible—porque exigiria demasiado espacio—pasar revista á todos los procedimientos que se mencionan en las obras á estas materias dedicadas; pero no debemos tampoco dejar este punto sin hacer mencion de alguno de ellos.

Welter expuso un principio—casi elevado á la categoría de ley—segun el cual todos los combustibles desprenden igual cantidad absoluta de calor cuando se combinan con la misma cantidad de oxígeno. Dulong demostró que este principio dejaba de ser cierto al considerar en conjunto ó en relacion combustibles muy diferentes, tales como el carbono y el hidrógeno, que para trasformarse en ácido carbónico y en agua toman cantidades de oxígeno que están en la relacion de 1 á 3, miéntras el calor de combustion se halla en la relacion aproximada de 1 á 5. Pero si la pretendida ley de Welter es inexacta en este y en otros casos, cuando la naturaleza física de los combustibles es muy diferente, en cambio, y segun afirma M. Charles Mene (1), puede considerársela suficientemente aproximada cuando los combustibles cuya potencia calorífica se pretende determinar difieren tan poco bajo su aspecto químico y físico como las leñas, la hulla, etc.

Berthier utilizó esta propiedad deduciendo el calor producido por la combustion de una cierta cantidad de leña del peso encontrado para el boton de plomo, resul-

(1) *Combustibles fossiles de la France.*

tado de la reduccion del litargirio encontrado con el carbono á una elevada temperatura. El procedimiento es sencillo, pues consiste en introducir en un crisol de tierra una mezcla de combustible bien molido y litargirio, en la proporcion de 1 á 40 próximamente, calentando dicha mezcla hasta el rojo. Roto el crisol despues de frio, se encuentra en su base un boton de plomo, que se lava cuidadosamente con ácido acético ó clorhídrico. El peso de este boton es exactamente proporcional á la cantidad de oxígeno que el combustible ha necesitado para su combustion, y por tanto—aceptada la ley de Welter—da la medida de su potencia calorífica:

Un gramo de carbono produce 34 gramos de plomo.

La potencia calorífica del carbono puede admitirse de 7.161.

Siendo P el peso del plomo reducido, tendremos:

$$\frac{P}{34} \times 7.161 = \text{potencia calorífica del combustible ensayado.}$$

En las maderas, un gramo de serrin fino da un boton de plomo reducido, cuyo peso varía en las circunstancias extremas de 12 á 15 gramos. El empleo de carbon en vez de serrin conduce á resultados más exactos.

En el terreno puramente físico abundan los experimentadores, y con cada uno de ellos varía la forma del procedimiento, bien que en el fondo busquen todos la elevacion de temperatura en el agua y la pérdida por evaporacion, derivando sus métodos del ideado por Lavoisier al construir su *calorímetro de la fusion del hielo*.

Duhamel, Rumfort, Hartig (G. y T.), Peclet, Marcos, Bull, Nördlinger, etc., consignan en sus obras numerosas cifras como valor calorífico de las leñas; pero aquí, como tambien en las densidades, falta esa uniformidad sin la cual toda comparacion es imposible. Los datos de la mayoría de los autores, con querer ser prácticos, investigando lo que podríamos llamar *valor calorífico industrial de las leñas*, han encontrado cifras muy bajas por la pér-

dida de calor radiante dispersado en la atmósfera ó absorbido por las paredes del horno ú hogar en que se hacian los experimentos. El grado de desecacion de las leñas, con ser importantísimo en este punto, deja de estar consignado en varias obras, y figura en otras con la expresion vaga de «seco al aire», «utilizadas tres meses despues de la corta», etc., etc.

Por esto sin duda hay esa aparente contradiccion en lo que debia ser uniformidad casi absoluta; y esto me ha hecho pensar en una marcha de investigacion, que ni el nombre de método nuevo merece, pues es tan sólo una modificacion del que tengo por más susceptible de perfeccionamiento. Todos conocemos el calorímetro de Lavoisier y Laplace, con sus tres vasos concéntricos y dos llaves para facilitar la salida del agua producida por el derretimiento del hielo. Dispóngase el aparato de manera que el recipiente inferior tenga la forma de un pequeño hornillo, saliendo de su bóveda superior un tubo que haga las veces de chimenea, arrollado en espiral para que quepa dentro del depósito de hielo, y suficientemente largo para que los humos pierdan su calor ántes de salir á la atmósfera. Hágase á la vez que el aire, alimento de la combustion, penetre en la parte inferior del hogar por medio de un tubo que, partiendo de un recipiente provisto de cloruro de calcio ú otra sustancia muy higrométrica, pase despues por un refrigerante, dando á la combustion aire seco y á 0°. En estas condiciones, todo el calor producido por la combustion de la leña encerrada en el calorímetro— á cuyo hornillo se llega por una portezuela lateral, cerrada con una lámina de *mica* que permita examinar la marcha de la operacion — se habrá empleado en derretir hielo; y la cantidad de agua vertida por la llave del depósito correspondiente nos permitirá conocer el número de calorías desarrolladas que, en funcion del peso del combustible, darán su potencia calorífica. Diferirán unas leñas de otras en la duracion del fenómeno y en el valor que éste presente para cada momento; pero los resultados

serán muy aproximados al que, como tipo, suministra el conocimiento de la cantidad de carbono contenido en cada materia de ensayo.

Peclet, uno de los más concienzudos é inteligentes experimentadores, consigna el siguiente cuadro:

Calor producido por la combustion de un kilógramo de leña.

ESPECIES	CALORÍAS
Tilo, madera seca, de cuatro años	3.460
Idem fuertemente desecada en una estufa	3.960
Haya, madera seca, de cuatro años	3.375
Idem fuertemente desecada en una estufa	3.630
Olmo seco, de cuatro á cinco años	3.037
Roble	3.550
Fresno, seco	3.075
Pinabete, seco	3.037
Idem fuertemente, en una estufa, desecado	3.750
Chopo, madera de carpintería	3.450
Idem fuertemente desecado en una estufa	3.712
Carpe, madera de taller	3.187
Roble, seco	3.300

A la vista de estas cifras, y despues de lo consignado anteriormente, no debe extrañarnos que la leña de chopo aparezca con igual ó superior potencia calorífica que la leña de haya, roble, fresno, etc.

Fenómenos de la combustion de las leñas.—Lo que ha dado orígen al concepto que cada clase de leñas recibe es la apreciacion defectuosa y puramente empírica del efecto útil que se produce durante la combustion. Con ella aparecen factores nuevos en el problema: la manera cómo arde cada clase de leña; el tiempo que invierte en quemarse; la duracion de las ascuas; la tendencia á apagarse fuera de las corrientes activas de aire; el chisporroteo ocasionado por la rotura de las cavidades internas, etcétera, etc.

Sabemos, en efecto—porque de ello todos podemos in-

vocar la propia experiencia — que las maderas duras, compactas y con mucha sustancia incrustante arden sólo en la superficie, sin que la llama se propague al interior, donde llega únicamente el calor, que, volatilizando las materias capaces de convertirse en gases, mantienen la llama por un cierto tiempo. Despues, al apagarse ésta, queda el leño convertido en ascua, que se va poco á poco consumiendo, tan lentamente á veces, que, no renovándose el calor en cantidad suficiente para mantener la incandescencia del carbono, se apaga la brasa y cesa con ello el fenómeno de la combustion.

En las maderas ligeras, porosas y blandas sucede todo lo contrario; siendo tal la penetracion del aire en el interior de los tejidos, que la produccion de gases y la combustion del carbono se efectúan á un mismo tiempo, ardiendo la leña con llama abundante y sin dejar apénas ascuas, sino cenizas en la corta proporcion representada por las sustancias fijas de la planta.

En ambos casos, sin embargo, se produjo la misma cantidad de calor, pero con la notable diferencia de que en las leñas ligeras hubo produccion rápida de calor intenso, y en las maderas ó leñas fuertes el calor se produjo durante más largo tiempo, pero con menor intensidad. La mayoría de las personas, apreciando el hecho á su manera, y por una falsa deduccion, atribuyen mayor potencia calorífica á las leñas cuya combustion es lenta y cuyas ascuas duran algunas horas, como sucede, por ejemplo, con el roble y la encina, despreciando las leñas de tejido blando y abierto porque se consumen pronto al arder y no dejan apénas carbon alguno que continúe el calentamiento. Los que han experimentado debidamente, y áun cualquiera con sólo el razonamiento, comprenden que, si el calor producido se aplica á calentar una cierta cantidad de agua, ésta elevará más su temperatura por la combustion de un kilógramo de madera de chopo, por ejemplo, que por el consumo de igual cantidad de madera de roble, si bien, en este último caso, la temperatura alcanzada por

el agua se mantendrá durante mayor tiempo, merced al calor que paulatinamente irá recibiendo de las ascuas áun no consumidas; calor que, si no excede al perdido por radiacion, le iguala, al ménos en los primeros momentos, despues de apagada la llama, y es siempre un obstáculo al enfriamiento.

Lo dicho basta para probar que en el estudio de las leñas, y como principal carácter de las mismas, no debe decirse que unas tienen mayor ó menor potencia calorífica que otras, ni disponerlas, por tanto, en órden á su facultad de producir calor, sino describir la manera cómo cada una arde, deduciendo de ello cuáles son más aptas para los fines que en cada caso nos propongamos alcanzar. En este concepto, los trabajos de G. L. Hartig (1) son muy útiles y merecen consultarse, si bien carecen de la relacion verdadera, basada en las densidades; pues, influido el autor por la costumbre de apreciar la cantidad de leñas en volúmen, compara tan sólo volúmenes iguales de materia leñosa procedente de diversas especies.

El adjunto cuadro ofrece en resúmen los datos que he juzgado más importantes y de mayor aplicacion al caso actual.

La cantidad de materia ensayada fué siempre 200 pulgadas cúbicas del Rhin.

---

(1) *Physikalische Versuche über das Verhältniss der Brennbarkeit der meisten deutschen Waldbaumhölzer.*—Marburg, 1794.

ESPECIES	TIEMPO DURANTE EL CUAL ARDIÓ CON LLAMA		Grados de calor comunicados al agua......	DURACION DE LOS CARBONES		EVAPORACION DEL AGUA EN DOCE HORAS		RESÍDUO DE CARBON APAGADO		OBSERVACIONES
	Horas.....	Minutos...		Horas.....	Minutos..	Libras....	Onzas.....	Onzas.....	Gramos...	
Quercus robur (Tronco de 200 años)..........................	»	51	62	3	»	4	8	3	7	Arde bien; los carbones tienden á apagarse si no se activa el fuego; fuera del hogar se apagarian muy pronto las ascuas.
Q. pedunculata ? (Tronco de 190 años).....................	»	45	62	2	45	4	4	3	6	Arde con bastante vigor; la llama chisporrotea y las brasas se ennegrecen cuando el fuego no es activo.
Quercus (Tronco con principio de podredumbre)..........	»	42	56	1	44	3	11	3	»	Apenas se sostiene la combustion; la llama languidece y los carbones tienden á apagarse.
Fagus sylvatica (Tronco de 80 años)..........................	»	45	64	4	»	4	8	1	2	Arde bien; como llama viva y continua.
Fagus sylvatica (Tronco de 40 años)..........................	»	41	66	3	»	4	10	1	»	Arde muy bien; siendo el tipo de los combustibles vegetales.
Carpinus betula (Tronco de 90 años)..........................	»	50	64	3	50	5	1	1	1	Llama muy viva y uniforme; sin humo ni chisporroteo.
Fraxinus excelsior (Arbol de 100	»	50	60	4	15	4	6	»	5	Arde muy bien y sin chisporroteo; los carbones se conservan encendidos por

Ulmus campestris (Tronco de 100 años).....................	»	35	55	3	28	3	12	»	7	humo; los carbones, separados del hogar, se apagan pronto.
Acer pseudo platanus (Tronco de 100 años)...............	»	43	64	3	45	5	5	»	5	Arde muy bien, y sus carbones resisten mucho tiempo al aire sin apagarse.
Betula alba (Tronco de 60 años).	»	50	57	3	5	3	14	1 ½	»	Llama muy viva; el fuego se mantiene fácilmente y los carbones se conservan largo tiempo sin apagarse.
Populus nigra..................	»	31	38	2	»	2	2	1	2	Arde con lentitud y produce llama sombría; sus carbones se apagan fácilmente separados del hogar.
Pinus sylvestris (Arbol de 125 años)...	»	10	70	1	50	5	4	1	3	Arde con gran facilidad; produce humo espeso y desagradable; no sirve para las cocinas, pero es útil para calentamiento.
Pinus abies (Du Roy).........	»	32	55	1	10	3	»	1	3	Llama viva; chisporrotea; pero da ménos humo espeso, y éste ménos desagradable que el del pino.
Pinus larix (Alerce, tronco de 50 años).....................	»	40	56	1	38	3	1	1	1	Llama viva; pero los carbones chisporrotean y se apagan si el fuego no es activo. Un carbon expuesto al aire se apaga al momento.
Salix alba (Tronco de 50 años)..	»	40	44	1	40	1	14	»	5	La llama no es muy viva; estalla alguna vez, y los carbones se apagan apenas sacados del hogar.

Como síntesis de todo lo dicho puede establecerse:

1.° Que la potencia calorífica de las leñas es próximamente la misma para todas las especies.

2.° Que la diferencia entre unas y otras leñas procede de la diversa densidad de éstas, modificado además su efecto por las variaciones que en el modo y tiempo de arder introduce la estructura más ó ménos apretada de los tejidos y la cantidad de materia incrustante contenida en los mismos.

3.° Que el agua ejerce siempre accion perturbadora en la combustion de las leñas, ocasionando una pérdida que no sólo dimana de la falta de la materia combustible á que aquélla reemplaza en el peso, sino del calor que absorbe para su inmediata evaporacion.

4.° Que, en consecuencia, el conocimiento verdadero de las leñas sólo puede obtenerse combinando al de sus respectivas densidades el de la higrospicidad propia de cada una y la manera como se efectúa la combustion.

A éstas — y como resultado de antiguas y muy repetidas experiencias — pueden añadirse tambien las siguientes conclusiones:

5.° Las leñas conducidas por los rios sufren un comienzo de alteracion, que se hace tanto más manifiesto cuanto mayor ha sido el tiempo que han estado en contacto del agua. Si la alteracion es grande, arden sin llama y se consumen como la yesca sin residuo de brasa.

6.° La podredumbre seca, cáries, etc., producen en las leñas los efectos indicados en el número anterior.

Aprovechamiento.

Corta de leñas. — Por mucho tiempo se ha discutido, lo mismo entre los hombres de ciencia que entre los que simplemente se llaman observadores ó experimentadores, la tesis de en cuánto influye sobre la calidad de las leñas — pues el hecho se daba por bien sentado — la época en que se apean los árboles; su inmediato descortezamiento; la

fase de la luna en el momento de la corta, y otras diversas circunstancias. Sin entrar á exponer las razones ó los argumentos aducidos por cada una de las partes que han mantenido ideas contrarias—pues obligaria á extender demasiado este estudio, sin gran fruto,—puede sostenerse, como enseñanza de todo, la influencia única, dominante de la humedad contenida en los árboles al tiempo de la corta, y en especial al verificarse la combustion de las leñas; siendo, por tanto, conveniente efectuar el aprovechamiento en tiempo seco y cuando las plantas tienen ménos jugos en su interior, procurando además favorecer la desecacion por medio de bien entendidos apilamientos. La corteza es un obstáculo á la evaporacion del agua contenida en la region del leño; pero su arranque sólo puede tener lugar cuando ella recibe aplicaciones industriales que aumenten su valor hasta compensar con exceso la pérdida de combustible y los gastos del descortezamiento.

Clasificacion y venta de las leñas.—La primera distincion que de las leñas se hace es, como se dijo para las maderas, segun la especie de que proceden. Entran luégo á constituir divisiones de otro órden el tamaño, la forma, el estar ó no rajadas, el contener ó no ramillas y hojas, etcétera, etc. Así, tenemos para las leñas de tronco y rama las denominaciones de leña gruesa ó recia y leña delgada, pudiendo estar la primera en rollo ó rajada. Las ramas de las delgadas, la copa de los arbustos, y en general todo palo que no alcance de uno á dos centímetros de diámetro, se denominan *ramaje, támaras, chabasca, ramullas*, *tojos*, etc., segun las localidades. Las leñas procedentes de las cepas y raíces de los pinos, y en general todas las que contienen abundantemente la materia resinosa, reciben el nombre de *teas,* y por *astillas* se entienden las leñas muy rajadas para servir de cebo en los hogares, y particularmente los restos de un tallar donde se ha efectuado la labra de las maderas.

La venta de las leñas se hace por lo comun al peso, distinguiéndonos en esto de otras naciones, como Fran-

cia y Alemania, donde las leñas se venden por volúmen. Si en la legislacion de montes vigente se previene que los aforos ó cálculo de productos leñosos se efectúe en medida del sistema métrico, y por tanto, admitido el metro cúbico para las maderas, se toma el esterio ó metro cúbico de volúmen aparente para las leñas, es cuidando de prevenir que al lado de esta designacion, incomprensible para la inmensa mayoría de los traficantes y consumidores, se manifieste la cantidad en peso representada por las mismas.

La unidad, base en el mercado, es la arroba; pero están admitidas otras unidades de un órden superior, representadas por la carga de 8 á 10 arrobas, y el carro, que se estima en 40 arrobas, término medio. Algunas pocas excepciones tiene esta regla, mantenida por el uso, mereciendo citarse la provincia y ciudad de Segovia, en la cual las leñas se venden algunas veces por volúmen, sirviéndose de la unidad que llaman *cárcel*, y mide 100 piés cúbicos, contenidos en una pila de 10 × 5 × 2 piés.

En Cuba sirve de unidad para la venta de leñas la *cuerda*, que consiste en un paralelepípedo cuyos lados miden 8 × 4 × 4 piés ingleses de longitud.

La leña menuda de ramillas y hojarascas se vende en *haces* ó *fajos*, construidos de modo que resulten con un peso determinado. Otras veces regula las dimensiones del haz lo largo de la cuerda con que se ata, la cual mide de 10 á 16 ½ palmos en Baleares, un metro en Gerona, etcétera.

La *orga* de Guipúzcoa tiene 30 fajos de 1 ½ arrobas cada uno; los *haces* de Barcelona pesan 4 arrobas, una arroba las *gavillas* de Cádiz, y análogos valores reciben en las diversas provincias y principales mercados.

Si anteriormente se ha dicho que el uso mantiene la apreciacion y venta de las leñas al peso, debo añadir ahora que la razon abona esta costumbre. En realidad, ni el peso ni el volúmen dan en la práctica la medida exacta de la materia leñosa objeto de la transaccion; pero entre uno y

otro, únicos á que podemos acudir, se aleja ménos de la verdad el que sólo deja incierta la apreciacion del agua contenida en los tejidos de la madera que el fundado en una colocacion arbitraria de las ramas, tacos ó tueros, cuyas formas y dimensiones se avienen mal á un apilamiento para el cual sea fácil ni áun posible determinar el factor de conversion entre los volúmenes aparente y real de los productos.

CAPÍTULO III

—

Carbones.

Nomenclatura y clasificacion. — La necesidad de reducir los gastos de trasporte y la de reunir en un peso y volúmen dados mayor potencia calorífica que la existente en las leñas ha obligado desde los tiempos más remotos á carbonizar las materias combustibles destinadas á producir calor intenso en reducidos hogares, ó á ser quemadas en las habitaciones sin necesidad de chimeneas que dieran salida á los humos producto de la combustion.

Cuando la madera se descompone por la accion del calor, al abrigo del aire, se obtiene fácilmente un residuo de carbon más ó ménos puro, segun la temperatura á que ha estado sometido; en otro caso, cuando la destruccion se verifica en presencia del oxígeno, y por combustion de una parte de la madera, es preciso suspender la operacion tan pronto como son expulsados los gases y se apaga la llama alimentada por los mismos. De otro modo, y como ya se ha dicho, obtendríamos sólo cenizas en vez del carbon que se desea. Vemos, pues, que la llamada carbonizacion con acceso del aire lo es sólo en una cierta medida, la suficiente, sin embargo, para permitir que se establezca la separacion en los dos métodos de carboneo, llamados *al aire libre* y *en hornos cerrados*.

Correspondiendo á estas mismas clases, y como una consecuencia del método, se presentan otras dos circuns-

tancias que tambien pueden servir para caracterizar dichos procedimientos, y son: el que la carbonizacion se verifique por combustion de la misma madera y á expensas de una parte de su contenido, ó bien por la accion de un calor mantenido fuera del horno, sea por la combustion de leñas ó chabascas, sea por la de aquellos gases no condensables que en el interior del horno se forman mediante las acciones químicas de los elementos gaseosos de la madera. En consecuencia diremos que los procedimientos empleados para la carbonizacion de las maderss se dividen en dos clases:

1.ª *Carbonizacion al aire libre* ó por combustion parcial; y

2.ª Carbonizacion en vasos cerrados, ó *destilacion.*

Esto en cuanto á la teoría; pues, por lo que hace á la práctica, todavía se encuentra una diferencia notable en el método de carbonizar con acceso del aire, segun se ejecute la operacion con el solo objeto de obtener carbon, ó bien de recoger al mismo tiempo la brea, y hasta algunos productos gaseosos condensables. Por ello en otros idiomas hallamos nombres particulares que, sin necesidad de aclaraciones, dan á conocer cada uno de los métodos dichos; y así llaman en Francia *meules* á las horneras construidas de tierra, sin más duracion que la propia de cada quema, y *fours* á las que con carácter de estabilidad, ó de duracion al ménos (hornos portátiles), se construyen de mampostería y hierro, dedicados á obtener el carbon y algunos de los productos gaseosos originados en la combustion de la madera.

En España — y tal vez porque sólo los primeros se han conocido, con exclusion casi absoluta de los segundos — faltan nombres que los distinga, y llamamos *hornos* á todas las carboneras, sea cualquiera la materia de que se fabriquen y las condiciones de estabilidad ó duracion que les sean propias.

La industria de la fabricacion del carbon es sin duda una de las más antiguas que han ocupado al hombre,

siendo tambien — fuerza es confesarlo — una de las que ménos han variado, á pesar de los siglos y de los descubrimientos de la ciencia. ¿Es que nació perfecta esta industria? ¿Es acaso que hoy muestra grande atraso no utilizando los adelantos generales de la física y de la química?

Si exceptuamos los procedimientos de la destilacion, que son relativamente modernos, en todo lo demás apenas ha variado la fabricacion de carbon: igual manera en el apilamiento de las leñas; la misma marcha en las operaciones de quema; hasta los mismos rendimientos en la calidad y cantidad de los productos, sin más diferencia que la de haberse obrado empíricamente hasta los últimos tiempos y conocerse hoy la razon de cuanto se ejecuta, sancionando la ciencia con sus consejos la obra de una práctica nunca interrumpida que condensa el conocimiento inductivo de muchas generaciones de fabriqueros instruidos desde niños en la ya tradicional ocupacion de sus padres. Y es que son pocas las industrias — y quizá ninguna supere á la del carboneo — en las que tan verdadera y decisiva importancia se haya de reconocer á la práctica del operador, principalmente cuando en la coloracion de los humos y su mayor ó menor abundancia, en el calentamiento de las paredes del horno y su deformacion, etcétera, etc., ha de leerse la marcha de la operacion, imposible de conocer por otros procedimientos.

Hornos horizontales.—Recuerdan y caracterizan la abundancia y escaso valor de los productos maderables. No hay por qué remontarnos á averiguar quién, cómo y dónde fué el descubridor de la fabricacion de carbon; en realidad lo ha sido la naturaleza misma, enseñando que en la combustion de las maderas, cuando deja de ser activo el fuego ó de actuar el aire sobre las materias encendidas, se apagan éstas, dejando un residuo que otra vez puede encenderse y producir calor. Como auxilio á la práctica natural, debió ocurrir desde el primer momento el empleo de pozos abiertos en el suelo, dentro de los cuales

se arrojasen las materias combustibles, hasta que los carbones encendidos ocuparan casi por completo aquella cavidad, y entónces se cubriria con tierra, que despues volveria á extraerse para sacar los carbones apagados, reunidos con abundantes cenizas en el fondo del hoyo ó socavon. La cantidad de carbon utilizable apenas si llegaria al 5 por 100 del contenido en la madera; pero el procedimiento resultaba expedito, las maderas no tenian valor, y los arrastres eran casi nulos, construyéndose la carbonera junto al punto en que habian crecido los árboles.

El reunir de una vez los materiales que se van á carbonizar, y el rodearlos de una cubierta protectora que los separe, á voluntad del fabriquero, del aire y del agua, evitando á la vez la pérdida de calor por radiacion, es el primer paso en el camino propiamente industrial y marca el comienzo de la aplicacion científica á este ramo del aprovechamiento de los productos de los montes.

Por la sencillez de la idea, por la facilidad en la ejecucion, y por aconsejarlo la forma y dimensiones de los troncos que se deseaba carbonizar, el primer horno construido, y cuya práctica dura aún en algunos puntos, especialmente de Austria y Suecia, es el llamado *horizontal*, por ser ésta la disposicion que se da á los palos, tacos ó ramas que interiormente le llenan. En su construccion —como luégo nos ocuparemos — hay que tener en cuenta una porcion de circunstancias que no pueden despreciarse, pues contribuyen poderosamente al éxito de la operacion: tales son la determinacion del sitio, su preparacion, colocacion de las maderas, recubrimiento del horno, quema, extincion del fuego y extraccion de los carbones.

Eleccion del sitio y preparacion del suelo del horno.— La economía en las operaciones de trasporte exige que el horno se construya próximo al lugar de la corta, y, á ser posible, en el centro del terreno ocupado por los despojos que han de convertirse en carbon. A su vez, el buen éxito en el carboneo reclama para la instalacion del horno un lugar abrigado al viento y á la humedad, con suelo no

permeable al aire, ó, á lo más, que lo sea en pequeña proporcion, excluyéndose desde luégo los terrenos arenosos ó muy llenos de piedras que quitan compacidad al elemento térreo que los constituye. Los suelos arcillosos y los arcilloso-calizos son los mejores, aconsejándose que, á falta de éstos, se prepare un suelo artificial apisonando la tierra, limpia de grava ó casquijo, y mezclándola en la capa superior con cisco bien molido, residuo de carboneras anteriores. Nada es tan beneficioso como el utilizar las *soleras* donde se haya fabricado carbon algunas veces; siendo tal la importancia concedida á la ausencia de corrientes de aire filtrado por el suelo del horno, y á la falta de humedad en el mismo, que algunos autores consignan, basados en la práctica, que la primera carbonizacion que se ejecuta sobre una solera nueva da de 12 á 20 por 100 ménos carbon que en las operaciones sucesivas, y áun la segunda aparece disminuida, con relacion á éstas, en un 4 á 6 por 100.

Pero la naturaleza del suelo, no solamente influye en las cualidades de la base del horno, sino que adquiere nueva importancia desde el punto en que hayan de utilizarse las tierras para formar la cubierta protectora de los materiales carbonizables. Y aquí surge una diferencia, hija del doble empleo que en estos sistemas de carbonizacion se da á los elementos del suelo. En efecto, las tierras arcillosas, que hemos dicho formaban buena base por su compacidad, siempre que estén bastante secas, no convienen á la cubierta de los hornos, pues, por efecto del calor, se contraen, apelmazan y agrietan, en vez de ir cediendo poco á poco, adaptándose á las nuevas formas que la madera y carbones adquieren en el interior del horno á medida que la combustion adelanta y la carbonizacion se termina. Esta condicion la satisfacen mejor los terrenos sueltos, finamente arenosos, calizos ó silíceos, con tal que, en este último caso, se los mezcle con el cisco ó tierra negra quemada que ha servido en otras operaciones de igual naturaleza.

Siempre, como se ve, llegamos á una misma consecuencia; la de que es en alto grado ventajoso utilizar las soleras antiguas y las tierras de revestimiento ya empleadas con el propio objeto. Si estas horneras antiguas no existen, ó por circunstancias especiales no podemos usarlas, habrá que dar mayor importancia á que las tierras sirvan como capa de recubrimiento del horno; circunstancia para lo cual no conviene, como hemos dicho, grande compacidad ni es precisa una desecacion completa, que más bien ocasionaria perjudiciales resultados. Quitando algunas piedras, apisonando el suelo y rodeándole de una pequeña zanja con desagüe en el caso de haber humedades, conseguiremos obtener una base apropiada á las necesidades de la carbonizacion, contando siempre con que éstas quedarán mejor satisfechas á medida que el uso mezcle con las tierras el polvo fino carbonoso, residuo inservible para la combustion, y á medida tambien que ambos se impregnen de materias bituminosas, no siempre volatilizadas, sino retenidas á pequeña profundidad en la capa superior del terreno.

Construccion del horno horizontal.—Tiene en su base la forma de un rectángulo, y áun algunas veces se han construido con la de faja concéntrica, cuyos bordes guardan una distancia igual á la longitud de los troncos, palos ó tacos que se quiere carbonizar. Estos deben ser rectos, limpios y largos, variando desde 3^m en Austria á $6^m,50$ que reciben alguna vez en los montes de Suecia.

Se avienen mal estos hornos con la madera densa y fuerte de los robles, olmos, etc., y son utilizados exclusivamente para carbonizar los troncos de las coníferas. La solera tiene una inclinacion que varía del 15 al 30 por 100, llamándose parte anterior del horno á la más baja, y superior á la del lado opuesto.

En los circulares, cuyo objeto es, segun luégo veremos, carbonizar de un modo continuo miéntras haya materiales, el suelo se dispone horizontal, cuidando siempre de darle la compacidad y sequedad anteriormente recomendadas.

Señalada la base del horno, y supuesta rectangular, que es el caso más general, se colocan tres ó cuatro gruesos palos de 10 á 20 centímetros de diámetro á lo largo de este rectángulo, dividiéndole en tres zonas, con objeto de que la primera tanda de tacos descanse en ellos y no lo haga sobre el suelo, dificultando la corriente del aire en los momentos que convenga.

Sobre dicha primera hilada, compuesta de palos delgados, vanse colocando otras sin más órden que el necesario para obtener un apilamiento lo más compacto posible; lo cual exige alternar los troncos gruesos con los delgados y conservar para todos la direccion paralela entre sí y á las caras anterior y posterior del horno.

La forma que definitivamente adquiere la pila ó hácina de productos carbonizables es la representada en la figura 1.ª, en la cual á la vez puede notarse la trama que con los palos se hace en la cara posterior del horno, á fin de que no se desmorone por efecto del peso, ya considerable en la mitad inferior de la misma.

Hacia el punto señalado en la figura con la letra *A* se deja un espacio que corre de una á otra pared lateral, el cual se rellena de materias fácilmente inflamables y constituye el punto de ignicion ó comienzo de combustion en el horno.

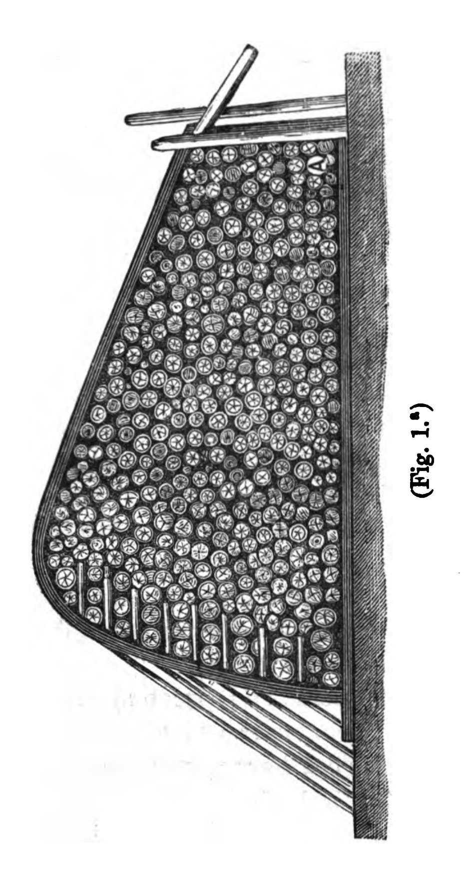
Apilada la madera, se procede al revestimiento exterior de la misma, lo cual se consigue, para las caras superior y posterior del horno, por medio de hojarascas y tierra, segun indica la figura.

En el frente y en las paredes verticales de ambos lados no puede sostenerse la tierra por sí sola, y se recurre á colocar tabiques tambien de palos, dejando entre ellos y las maderas del horno una distancia de 10 á 15 centímetros, la cual se rellena con tierra ligeramente apisonada (*fig.* 2.ª).

Los tabiques ó paredes dichos no deben tocar el suelo, sino comenzar á unos 30 centímetros de altura, con objeto de que esta parte más baja se halle revestida única-

mente de tierra y sea fácil abrir en ella agujeros para dar entrada al aire, á fin de guiar la combustion en el interior del horno.

Quema del horno y extraccion del carbon.—Apénas ter-



(Fig. 1.ª)

minada la construccion del horno, y si no ocurre circunstancia alguna imprevista—tal, por ejemplo, como vientos fuertes que pudieran comprometer el éxito,—se prende fuego al *cebo* que llena el espacio *A*, cuidando que se propague todo á lo largo del canal, lo cual se consigue teniendo abierto el agujero de la otra cara, ó prendiendo

fuego por ambas bocas y dejándolas abiertas hasta que cobre incremento la combustion.

La buena marcha del carbono exige que el fuego se propague, no sólo de adelante á atrás, sino de arriba á

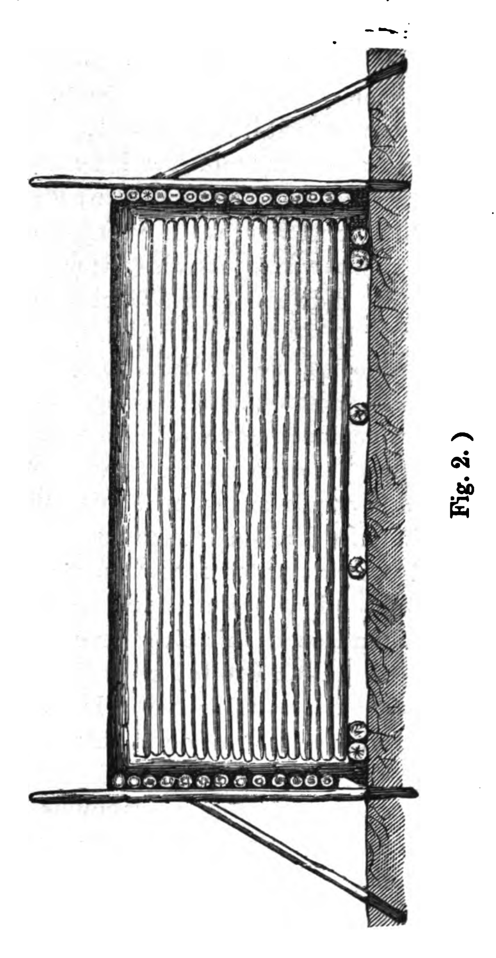


Fig. 2.

abajo al mismo tiempo, siempre más avanzado por la parte superior, determinándose la separacion entre las porciones libres y atacadas por el fuego mediante un ángulo inclinado, cuyo ángulo con la base posterior del horno va haciéndose cada vez menor hasta confundirse con la so-

lera. Para lograr esto, un operario entendido abre sucesivamente agujeros en la cara superior del horno y en la base de las paredes laterales, estableciendo así una corriente de aire, ni tan activa que el carbon resulte pasado, ni tan pequeña que no baste á mantener y dirigir la combustion. A medida que ésta avanza — lo cual se conoce por la cantidad y color de los humos, — se cierran los agujeros abiertos anteriormente, con lo cnal, aquella porcion del horno que se supone ocupada por los carbones hechos ascua, queda fuera del contacto del aire, y las brasas se apagan y, aunque lentamente, se enfrian, en especial cuando los fabriqueros van quitando la tierra y adelgazan la cubierta, con el fin de que sea más fácil el enfriamiento por radiacion.

Si el horno es de los que he llamado *continuos*, carece de pared posterior, continuándose el apilamiento de los tacos miéntras se verifica la quema de la porcion anterior, y dándose más tarde el caso de que á un mismo tiempo haya operarios que continúan la construccion del horno; otros que mantienen y dirigen la combustion, y un tercer grupo encargado de retirar los carbones. Tan sólo es preciso para esto que el horno alcance 20 ó más metros de longitud, extendiéndose en faja circular ó concéntrica, á fin de que, terminada una vuelta, se utilice la solera anterior, como se utilizan los tableros de la porcion carbonizada, resguardados por efecto de la tierra colocada entre ellos y el combustible.

Como, á pesar de todas las precauciones, no puede evitarse la entrada de alguna porcion de aire en el horno, la combustion lenta de los carbones enrojecidos dura bastante tiempo, siendo por ello preciso aguardar á que estén bien apagados ántes de abrir y desparramar el carbon, pues de otro modo se activaria de nuevo su combustion, quedando reducido á cenizas, ó cuando ménos muy mermado, en el supuesto de que lograra apagársele de nuevo echándole tierra ó agua encima. Aconsejan los prácticos descubrir el horno por la noche, á fin de notar mejor la

presencia de algunos puntos en ignicion; y en este caso, ó se tapa nuevamente el agujero practicado, ó se rocía con agua el carbon encendido hasta lograr su completa extincion.

Hornos verticales.—Por oposicion á los anteriores, dase el nombre de hornos verticales á los que tienen dispuestos casi verticalmente los palos, tacos ó tueros que se pretende carbonizar. Muchos puntos de contacto hay entre unos y otros hornos, entre uno y otro procedimiento, pues únicamente les separan detalles de ejecucion; pero, á pesar de ello, revisten tal importancia en nuestro país estos llamados hornos verticales, que no puedo ménos de detenerme á reseñar su construccion y la marcha del carboneo.

Eleccion del sitio y preparacion del suelo del horno.—Cuanto se dijo al hablar de los hornos horizontales es aplicable al caso actual, con sólo la diferencia de que, por la manera de efectuarse la combustion, la menor capacidad de las leñas, la disposicion vertical de los espacios que quedan entre ellas, y la mayor altura del horno, que se traduce al fin en mayor tiro para el aire aspirado, en el caso actual se hace todavía más importante y necesaria la compacidad del suelo sobre que el horno ha de construirse.

Ahora, como entónces, son preferibles las soleras de hornos antiguos, y es preciso evitar la accion de los vientos construyendo, cuando otra cosa no sea posible, sencillos zarzos de ramas y hojas que sirvan de valla á las corrientes de la atmósfera. Como la base de estos hornos es circular, importa ante todo fijar el centro, colocando una fuerte estaca que le determine y á la cual pueda atarse la cuerda con que se construye la línea exterior ó perímetro de la hornera. Conviene—aunque no todos los fabriqueros le conceden igual importancia—elevar algun tanto el suelo por el centro, dándole la forma de un cono muy rebajado, cuya altura sea del 2 al 5 por 100 del radio de la base.

La fijacion de este rádio, como tambien el de la altura

total del horno, depende de la capacidad que deba tener, ó — como es más comun decir entre los carboneros — del número de arrobas ó quintales de carbon que se desea fabricar en cada operacion. Se dice que un horno es pequeño cuando en él se obtienen ménos de 200 á 300 arrobas de carbon (2.000 á 3.000 kilógramos), y son grandes los que producen más de 1.000 á 1.200 arrobas.

Los primeros tienen la ventaja de que en ellos es más fácil dirigir bien la combustion y obtener productos de superior calidad; los segundos, en cambio, afectan de un menor gasto á cada unidad de materia fabricada, pues sabido es que ni la preparacion del suelo, ni el cubrir las leñas, ni el atender á su combustion, etc., ocasionan gastos proporcionados á la magnitud del horno, siendo constantemente menores, hasta el punto de que, si la fabricacion de 100 arrobas de carbon cuesta una cantidad X, con gasto doble puede carbonizarse una cantidad triple ó cuádruple de madera. El deseo de economizar por esta parte no debe, sin embargo, impulsar al establecimiento de grandes hornos, pues, neutralizando ó excediendo la economía en los jornales, pudiera originarse una pérdida en la calidad de los productos obtenidos, hija de los obstáculos que ofrece el dirigir bien la combustion en capacidades grandes, donde abunda el combustible y se multiplican las corrientes de aire, más fáciles de procurar que de combatir si un horno llega á deformarse ó á sufrir algun hundimiento, tanto ó más de temer cuanto mayor es la capa de tierra en relacion con la base que la sustenta. Los hornos de capacidad media, susceptibles de producir 500 á 1.000 arrobas de carbon (5.000 á 10.000 kilógramos) son los mejores y los que se usan con mayor frecuencia. En todos los casos, conocido el peso del metro cúbico de la madera y la reduccion en peso y volúmen que sufre al convertirse en carbon, fácil ha de ser calcular la capacidad necesaria para contener un cierto número de metros cúbicos, así como tambien, admitiendo para el horno recien construido la forma semi-esférica, ó la de

cono truncado, segun los casos, pronto conoceremos el valor de la base para llevarlo al terreno trazando el espacio ocupado por la solera.

La magnitud de los hornos verticales varía mucho de unos á otros países. En Thuringe les dan un volúmen de 20 metros cúbicos próximamente; en el Harz, de 70 á 75 metros cúbicos; en Austria alcanzan hasta 200 metros cúbicos; en Francia y en España se admite generalmente un diámetro de 4 á 5 metros en la base, y altura de 3 á 4 metros, resultando los hornos con el volúmen de 40 á 70 metros cúbicos, capaces de producir de 600 á 1.200 arrobas de carbon, segun la especie de que proceda.

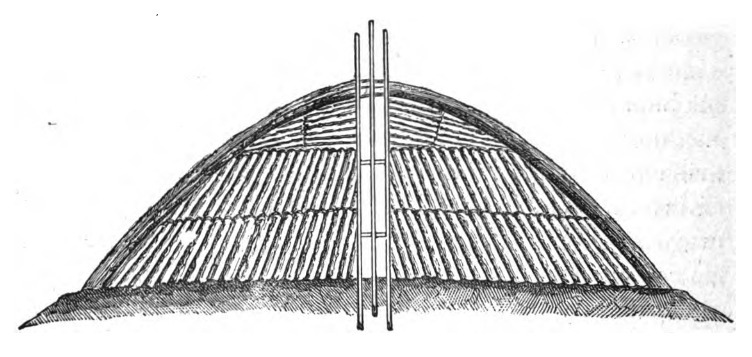
Construccion del horno. —Apénas efectuada aquella preparacion, ó miéntras un operario inteligente la realiza— más bien fundado en pronósticos de aforo, que no yerra, que en el cálculo de números, que desconoce, — otros operarios aproximan los troncos y ramos que se han de carbonizar, colocándolos en forma de cordon alrededor del futuro horno, y casi tocando al borde de la solera para que sea menor el trabajo del que ha de colocar los tacos en la vuelta y lugar que corresponda.

No hay regla que fije cuál debe ser la longitud de estos tacos ó tueros; pero su buena colocacion exige que, pues en esta clase de hornos se quiere utilizar toda clase de maderas, no sean aquéllos muy largos, con lo cual se consigue aminorar ó desaparecer las torceduras, diferencias en el grueso, etc., tanto más de notar cuanto mayor es la longitud del tronco en que se observan. Un largo de $0^{m},80$ á $1^{m},20$ es, en la mayoría de los casos, el que más conviene para los tacos que han de ser carbonizados en hornos verticales.

Para construir éstos, despues de arreglada la solera y dispuesta la leña en la proximidad, se construye la chimenea en el centro, colocando tres ó cuatro palos verticales, separados de 30 á 40 centímetros unos de otros, fuertemente hincados en el suelo para que no se caigan, y sujetos superiormente por algunos travesaños que les per-

mitan resistir al empuje de los tacos en los vueltos de arriba.

Descansando sobre el suelo, y apoyándose en los palos dichos, con direccion casi vertical, se colocan tacos en hileras concéntricas, cuidando de que cada uno de aquéllos, ó la mayor parte de ellos, tengan hacia abajo su extremidad más gruesa, con lo cual, desapareciendo el paralelismo de los ejes de los tacos, se engendrará una superficie cónica al exterior y una seccion de cono ó cono truncado con el conjunto de las leñas así dispuestas y que constituyen la llamada *vuelta de abajo (fig. 3.ª)*.



(Fig. 3.ª)

Sobre ésta, y construida con iguales precauciones de eleccion en los tacos para que el conjunto tenga la mayor compacidad posible, se dispone una segunda tanda, que, si no ha de sostener más palos dispuestos con aquel órden, se llama *vuelta de la cabeza*, y *vuelta del medio* si está coronada por lo que forma la terminacion del horno, y á que algunos llaman *vuelta de corona* ó *cofia*.

Sean sólo dos, ó lleguen á tres y áun cuatro en los grandes hornos, el número de vueltas ó pisos de tacos, siempre se repite en cada uno la forma ántes dicha para el primero, con la única diferencia de que la generatriz en la cara externa va siendo cada vez más inclinada, contribuyendo á que el conjunto, en vez de afectar la figura

de un cono, se aproxime á la de un esferoide de revolucion, cuyo eje es unas veces mayor y menor otras que el diámetro de la base. Para que la inclinacion de los tacos resulte mayor al alejarse del centro ó chimenea en cada vuelta, á contar desde la segunda, nada ha de hacer por su parte el carbonero, pues á ello obliga la inclinacion que adquiere la cara superior de la vuelta de pié, y la que, siempre en aumento, ofrecen las cabezas de los tacos.

Encima de las tandas de palos, más ó ménos levantados, y para redondear la terminacion del horno, se colocan horizontalmente algunas ramas, amontonadas sin otro cuidado que el de dejar para lo alto las más cortas y delgadas. Conviene advertir que, si el horno ha de recibir el combustible por la base, deberá dejarse en la *vuelta de pié* un pequeño espacio ó callejon sin tacos, que se rellena con hojarasca, ramillas ó teas que faciliten llegue hasta el interior la llama con que se comience la quema del horno. Operarios hay que sostienen la conveniencia de prender fuego al horno apenas apiladas las leñas y ántes de formarles su cubierta, afirmando que ésta debe construirse al segundo dia de la combustion, cuando ya las llamas han invadido la mayor parte del horno y expulsado el vapor de agua y los humos que acompañan siempre á todo comienzo de combustion; pero otros muchos —la inmensa mayoría, y con ellos el sentido que da la ciencia — aconsejan cubrir primero el horno y encenderlo despues, no exponiéndose á que, cobrando mucho cuerpo el fuego, sea imposible despues dominarlo sin que se sofoque, ó á que sobrevengan vientos que consuman en breve tiempo los combustibles allí amontonados.

Construir la cubierta del horno se consigue mediante dos sencillas operaciones, ya indicadas al hablar de los hornos horizontales. Con los despojos de la corta y arreglo de los tacos, y tambien utilizando matas crecidas en la inmediacion, tales como romeros, cantuesos, jaras, retamas, etc., se da un revestimento al horno, procurando llenar todos los espacios huecos que existan entre los ta-

4

cos de su superficie. Despues de esta operacion, á que los prácticos llaman *chasquear el horno*, se echa tierra con una pala por encima de todo él, cuidando de reforzar primero la parte inferior ó base, con objeto de que la tierra allí reunida y apisonada sirva de sosten á la que ha de cubrir la parte inmediatamente superior del horno, que es tambien la más levantada y donde, por tanto, con mayor facilidad resbalan las tierras si no están húmedas y muy apretadas. A estos dos recursos se acude en los hornos grandes, y hasta al de formar una ó dos repisas con tueros ó tablas á la altura de 1^m y 2^m, sostenidas por tornapuntas que descansan en el suelo. La capa de tierra es, por lo comun, de 4 á 10 centímetros de espesor.

Quema y extraccion del carbon.—Aterrada la carbonera, se aguarda á la mañana siguiente, y al nacer el dia, si no hace viento fuerte, ni en las nubes adivinan los fabriqueros que ha de haberlo pronto, se enciende el horno, ya sea por la parte superior, inflamando las ramas, carbones ó teas que rellenan el espacio de la chimenea, bien por abajo, introduciendo una gruesa tea ó algunas matas en el canalizo de la *vuelta del pié*, hasta que el fuego interese los combustibles almacenados en el centro del horno. En ambos casos queda abierta la chimenea, por la cual sale en abundancia humo negro y espeso, acompañado de vapor de agua.

Enrarecido el aire del interior del horno, se ejerce una aspiracion en toda la cara interna del mismo y en las leñas allí encerradas, dando por resultado en los primeros momentos una corriente de aire de abajo á arriba y de dentro á fuera que, no sólo alimenta la combustion, sino que la extiende por toda la parte superior del horno.

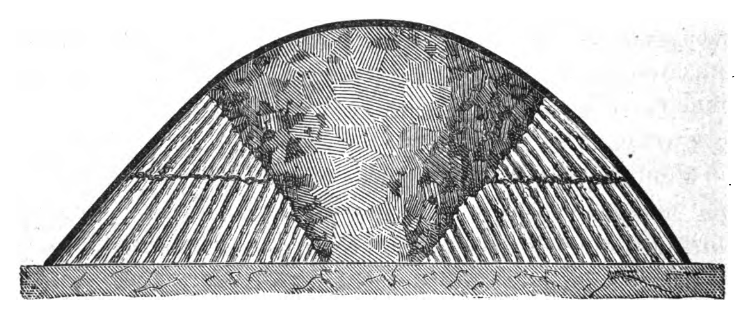
Poco á poco, á medida que avanza la operacion y aumenta la cantidad de vapor de agua producido á expensas de la humedad y de la savia de las maderas, gran parte del mismo sale por la chimenea, pero otra se esparce por el interior de la carbonera, condensándose nuevamente al tocar cuerpos frios, ó ménos calientes de lo que exige el

punto de evaporacion, bajo la temperatura del aire y presion en que el fenómeno se verifica. Los humos que salen por la chimenea, no sólo arrastran el agua en vapor y las materias carbonosas ténues, flotantes en aquella corriente de gas, sino que empiezan á manifestarse ácidos é irritan la córnea de los ojos, estimulando la secrecion de los lacrimales. Más tarde, trascurridas algunas horas, el agua primeramente condensada en los troncos, adonde no habia llegado con intensidad la accion del calor que se produce en el centro del horno, se evapora y vuelve á condensarse en las paredes de éste, que le absorben y le retienen, humedeciéndose hasta el punto de que se aprecia esto desde el exterior con sólo aproximar la mano á la capa de tierra, ántes seca y fria.

Cuando esto sucede, dicen los fabriqueros que suda el horno; y, á partir de este momento, comienza un segundo período en la marcha de la carbonizacion. Antes penetraba el aire por el suelo y por las paredes de la carbonera; ahora se han hecho éstas y aquél impermeables al aire por efecto de la humedad que las moja, dando compacidad al conjunto de sus materiales.

Cerrada, aunque no por completo, la abertura superior ó boca de la chimenea, la combustion se extiende lentamente, interesando de un modo activo gran parte del horno y desecando casi por completo los leños que ocupan el resto, en la base y junto á la cara externa de la pila. Seis, ocho ó diez dias, segun la magnitud de la carbonera, dura la expulsion del vapor del agua, y al cabo cesa de presentarse el humo opaco y pesado, que tiende á descender hacia el suelo (vapor de agua en estado vesicular), siendo reemplazado por otro más claro y más ligero, que se eleva en forma de columna sin mojar el hierro de la pala cuando se la aproxima á la chimenea. En el interior del horno, la combustion avanza de arriba á abajo, formando las leñas quemadas un núcleo en forma de cono irregular, con generatriz curva al lado externo de su eje, dando al conjunto el aspecto que se observa en la figura 4.ª

La carbonizacion entra en el tercer período, durante el cual, cerradas completamente todas las aberturas de comunicacion con el exterior, se verifica dentro del horno una verdadera destilacion, sostenida por el calor acumulado anteriormente y el que produce la combustion de los gases allí aprisionados. El resultado de esta destilacion es carbonizar una parte de las maderas no destruidas por la combustion; pero este efecto no alcanza á la zona más ex-



(Fig. 4.ª)

terna del horno, que, enfriado por su contacto con la capa de la cubierta, resiste todo desprendimiento que no sea obligado por enérgicas acciones de temperaturas muy elevadas.

El horno comienza á deformarse á causa de hundimientos locales por desigualdad en la carbonizacion.

Cuando esto sucede, se recurre á activar la combustion, llevándola al punto que convenga mediante la ejecucion de respiraderos, á que nuestros serranos llaman *bufardas*, los cuales, supuesta la normalidad en la operacion, se practican todo alrededor del horno, altos primero y descendiendo despues hasta la base misma de sus paredes.

Cada vez que se abre una de estas bufardas — y su ejecucion caracteriza el cuarto y último período del carboneo — se reproducen en pequeña escala y en breve tiempo todos los fenómenos anteriormente descritos: aparicion

del humo negro, denso y húmedo; sustitucion por otro más claro, que se vuelve opaco apenas salido de la chimenea, y que tiene reacciones ácidas; y por fin, salida de un humo limpio, ligero y algun tanto azulado, que es indicio de estar terminada la operacion. Al presentarse este humo en las bufardas, se cierran y se abren otras más bajas. Si el humo azulado aparece por las que descansan sobre la solera, es prueba de que ha terminado la carbonizacion, y se cierran éstas, á la vez que se humedece la tierra del revestimiento, para que, falto de oxígeno, termine como por asfixia la combustion de los carbones enrojecidos á una temperatura que suele alcanzar el calor de 250° á 300°.

Muchos pequeños accidentes pueden ocurrir y ocurren con frecuencia durante la marcha de la carbonizacion; pero el reseñarlos nos haria extender demasiado, y de otra parte, en el medio de corregirlos entra por más el conocimiento práctico del carbonero que los consejos suministrados por la ciencia. Así, por ejemplo, durante el corto período comprendido entre el momento de dar fuego y aquel en que aparecen humedecidas las paredes del horno suelen producirse sacudidas más ó ménos violentas que, arrojando la tierra de la cubierta, dejan al descubierto las leñas de las carboneras. La causa de estas explosiones es, como fácilmente se comprende, la abundante produccion de vapor acuoso cuando el calor interno alcanza á aquellas maderas que no sólo contienen la humedad propia, sino el agua que en ellas se condensó en horas anteriores. Aprisionado este vapor, sin otra salida que la no muy franca de la chimenea, aumenta la presion del interior del horno, apareciendo al exterior por los puntos más débiles de la cubierta. Alguna vez, cuando en el tercer período de la carbonizacion ocurren explosiones análogas, débense á la inflamacion de mezclas explosivas formadas por el aire atmosférico y los gases hidrógeno, hidrógeno carburado y óxido de carbono.

Terminada la combustion y cerradas todas las comu-

nicaciones del aire con el interior del horno, va apagándose lentamente el carbon enrojecido del interior, ayudando mucho á este resultado cuanto facilite el enfriamiento por radiacion ó cesion á los cuerpos capaces de evaporarse con absorcion de una gran cantidad de calórico latente. Por esto los carboneros descargan de tierra la cubierta del horno, quitando más en aquellos puntos adonde hubo que echarla durante la operacion, procurando siempre que no llegue á descubrirse el interior de la carbonera. A la vez humedecen la tierra que se deja, echando agua con una regadera; con lo cual, si de una parte impiden el acceso del aire aumentando la compacidad de la cubierta, favorecen por otra el enfriamiento con la abundante produccion de vapor de agua que extiende en la atmósfera el calórico robado á la masa incandescente del interior del horno.

Dos, tres ó cuatro dias despues de apagado un horno, segun la capacidad y calidad de las maderas carbonizadas, se procede á la extraccion, y ántes al reconocimiento de su contenido.

Operacion es ésta que debe ejecutarse con mucha precaucion, y á ser posible durante la noche, para notar bien si quedan carbones encendidos y apagarlos inmediatamente con agua ó con tierra, evitando que de nuevo se encienda todo el monton. Porque es de notar una circunstancia que todos los carboneros conocen, aunque no sepan la causa que la produce.

El carbon recien apagado en el horno es una de las sustancias más inflamables, aunque sin explosion alguna; de tal suerte, que no sólo basta la presencia de algunos puntos en ignicion para que ésta se comunique á toda la masa, sino que puede acontecer la combustion espontánea si el enfriamiento no llegó á ser bastante ó no se rociaron con agua los carbones á medida que se iban descubriendo en el horno. La causa de este fenómeno es la gran fuerza de absorcion que el carbono, ó mejor dicho, los carbones fuertemente calentados tienen para con los gases;

fuerza que, obrando casi instantáneamente y en reducida superficie, determina una elevacion de temperatura capaz de encender al propio carbon, lo cual no es sino otro aspecto de aquel conocidísimo experimento de la inflamacion de la madera por los rayos solares concentrados en una lente.

La aspersion con agua es el medio más seguro para evitar la inflamacion del carbon, pues al contacto de ambos cuerpos el agua es en gran parte absorbida, y todo el calor emanado de esta accion se invierte — ántes de que la acumulacion pueda tener lugar — en producir vapores que en estado latente le conservan y llevan á otros puntos donde se verifica la condensacion.

Los trozos de madera poco carbonizados, á que se da el nombre de *tizos*, se separan al hacer la eleccion de los carbones y sirven para rellenar las chimeneas de otros hornos.

Cualidades del carbon y rendimiento de los hornos de combustion al aire libre. — El carbon sacado de las horneras no es nunca carbono puro, sino que contiene todos los productos minerales fijos encerrados en los tejidos de las plantas, y una cierta cantidad de elementos volátiles, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Como en la cantidad de todos y cada uno de ellos influye, no sólo la especie vegetal y sus condiciones de crecimiento, sino la manera de efectuarse la carbonizacion, y en particular la temperatura á que ésta se ha verificado, no es extraño que los análisis de los carbones aparezcan inciertos y muy variables, segun se atienda á unos ó á otros autores. Así, por ejemplo, entre los cuadros que presenta M. Vicent (1), figura el siguiente:

---

(1) *Carbonisation des bois...*

ESPECIE DE QUE PROCEDE EL CARBON ANALIZADO	SUSTANCIAS ELEMENTALES EN 100 PARTES			
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno y nitrógeno	Cenizas
Abedul	71,133	4,532	23,554	0,760
Boj	70,499	3,740	25,115	0,643
Fresno	70,395	4,539	24,367	0,692
Arce	70,069	4,613	24,892	0,425
Carpe	68,835	4,143	26,382	0,641
Chopo	68,741	4,866	25,539	0,853
Acebo	68,521	4,741	25,890	0,847
Roble	67,421	4,099	28,479	0,200
Olmo	66,862	4,669	28,181	0,288

y M. Knapp inserta en su obra (1) el que copio á continuacion:

ESPECIES DE QUE PROCEDE EL CARBON ANALIZADO	Densidad (2)	COMPOSICION				OBSERVADORES
		Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	
Sauce	1,55	89,87	2,94	5,53	1,66	Werther.
Chopo	1,45	87,48	2,92	7,54	2,06	»
Tilo	1,46	87,38	2,65	6,47	3,50	»
Aliso	1,49	90,96	2,60	4,82	1,62	»
Roble	1,53	88,20	2,80	7,40	1,60	»
Haya	»	85,89	2,41	1,46	3,02	Faisst.

(1) *Traité de Chimie technologique et industrielle.*

(2) Estas cifras expresan la densidad absoluta de la materia; la densidad aparente, referida al volúmen total, comprendidos los poros, varía de 0,134 á 0,203 (Hassenfratz).

Cómo se ve, el resultado de estos análisis difiere grandemente, toda vez que para el roble hallamos las dos cifras 88,20 y 67,42 como expresion del carbono contenido en sus carbones, é igualmente con las cantidades 87,48 y 68,74 se representa el contenido de carbono para los carbones de chopo.

¿Procederá esta diferencia de la desigual temperatura á que los carbones se hayan fabricado? Todo induce á creerlo así, aunque nada de fijo sepamos por omitir este dato importantísimo los autores ántes referidos.

En efecto, segun las experiencias más autorizadas,

El carbon obtenido á.....	250°	contiene	65	por 100	de carbono.
	300	—	73	—	—
	400	—	80	—	—
	1.500	—	96	—	—

sin que por la carbonizacion haya podido obtenérsele puro.

Pero como al carbono sólo acompañan las sustancias gaseosas y ceniza que apenas influye en las cifras que discutimos, resultará, basándose en los anteriores números, que la cantidad de gases fijados por el carbono es tanto menor cuanto mayor es la temperatura, de modo que:

para el carbon obtenido á.	250°	es el	$\frac{1}{2}$	del peso del carbono.
	300	—	$\frac{1}{3}$	
	400	—	$\frac{1}{4}$	
	1.500	—	$\frac{1}{24}$	

Además de la facultad de condensar los gases, posee el carbon recien fabricado la de absorber el agua de la atmósfera en cantidad variable con la temperatura de carbonizacion.

El carbon obtenido á..	150°	puede absorber	21	por 100	de agua.
	250	—	7	—	
	350	—	6	—	
	450	—	4	—	
	1.500	—	2 próximamente.		

Esta doble cualidad—una sola en su esencia,—la de absorber la humedad y los gases de la atmósfera, es causa de que el carbon recientemente fabricado aumente pronto de peso al enfriarse en contacto del aire. Segun Worlich, el carbon de abedul acusó los siguientes aumentos de peso:

6 dias	despues de la	carbonizacion	4,3	por 100.
13	—	—	5,6	—
22	—	—	6,6	—
35	—	—	7,6	—
56	—	—	8,16	—
85	—	—	8,44	—

quedando constante el peso desde aquella fecha en adelante.

Los carbones de otras especies sufren aumentos diversos de peso y en tiempo diferente. Así, por ejemplo, de las experiencias de Nau resulta que al cabo de sólo veinticuatro horas las variaciones de peso habian sido:

Fresno..........	4,0	por 100.	Olmo............	6,6	por 100.
Roble............	4,3	—	Aliso............	7,9	—
Abedul...........	4,4	—	Pino silvestre.....	8,2	—
Alerce...........	4,5	—	Sauce............	8,2	—
Arce.............	4,8	—	Chopo...........	8,5	—
Haya.............	5,3	—	Abeto............	16,3	—

El propio fenómeno de la temperatura en la carbonizacion influye sobre la suma de calor que el carbon necesita para encenderse, encontrando la relacion siguiente:

TEMPERATURA á que se ha verificado la carbonizacion	TEMPERATURA á que en el aire se enciende el carbon
De 260 á 280°..............	De 340 á 360°.
De 290 á 350..............	De 360 á 270.
De 400.....................	De 400.
De 1.000 á 1.500.	De 600 á 800.

El carbon absorbe las materias colorantes en disolucion. No se combina con los gases que absorbe, y éstos se desprenden en el vacío. La humedad hace perder al carbon gran parte de su facultad absorbente.

Todo hace creer que, conforme á la opinion de M. Vicent, los cuerpos absorbidos se fijan sobre el carbon á la manera que lo hacen los mordientes y las materias colorantes en la superficie de los tejidos.

De igual manera, la temperatura á que se ha verificado la carbonizacion influye poderosamente en la densidad de los carbones. Prescindiendo de la estructura esponjosa de esta sustancia, y supuesta en las mejores condiciones de exámen ó experimentacion, la densidad que debemos llamar absoluta aparece expresada en las siguientes cifras:

		Densidad
Carbon obtenido á..	150°	1.407
	200	1.417
	300	1.422
	350	1.500
	432	1.709
	1.000	1.841
	1.250	1.862
	1.500	1.869
Fusion del platino		2.500

En cuanto á la conductibilidad del carbon para el calor, se observan resultados análogos; pues llamando 100 la conductibilidad del hierro, se ha encontrado que

El carbon obtenido á la temperatura de.....	160° tiene su conductibilidad representada por	59
	200	60
	250	60
	300	61
	1.000	64
	1.250	65
	1.500	66
Carbon de las retortas de fabricacion del gas		84

En consecuencia de este fenómeno, que halla explicacion en las propias leyes de la física, el carbon conduce tanto mejor la electricidad cuanto más elevada fué la temperatura á que ha estado sometido.

Relacion entre la madera y el carbon obtenido. — Puede establecerse en peso ó en volúmen, y en ambos casos encontramos la misma incertidumbre que ya ántes de ahora se ha hecho notar y que existirá siempre estudiando el fenómeno en su conjunto y en sus términos medios. Cuando se desee el conocimiento de esta relacion para los productos de un monte ó de un grupo de ellos en análogas condiciones de vegetacion y por idéntico sistema carbonizados será preciso hacer ensayos y operaciones previas que la determinen; de otro modo se correria el riesgo de no acertar con la verdad.

Como punto de partida y cifra á la cual no puede alcanzar nunca el rendimiento de la fabricacion de carbones, se tiene la cantidad de 0,40 de carbono en un peso cualquiera de madera.

La combustion en hornos con acceso del aire ocasiona necesariamente pérdidas, debidas en primer lugar á la necesidad de evaporar toda el agua libre y de composicion existente en las maderas, y la de aislar los principios elementales constitutivos de la misma.

El cálculo aproximado de este gasto se valúa en el 15 por 100 del carbono total contenido, y por tanto, aunque otras causas de pérdida no hubiera en los combustibles empleados, siempre y necesariamente, cuando no preceda la desecacion, quedaria reducida aquella primera cifra de rendimiento al 25 por 100 del peso total de la madera carbonizada.

Por desgracia, en los procedimientos descritos hay otras varias causas que tienden á rebajar aún más aquel resultado; pues no siendo uniforme la temperatura de toda la masa encerrada en los hornos, sucede que al cabo de algun tiempo, y cuando empieza la combustion en las partes bajas y más externas de la pila, su centro posee una

temperatura demasiado elevada (700° á 800°), con lo cual el agua evaporada se descompone en vez de salir á la atmósfera y sus elementos hidrógeno y oxígeno se apropian una parte de carbono para formar los gases carburados.

A igual pérdida conduce el gasto de calor invertido en evaporar el agua contenida en la tierra que forma la base y paredes del horno por su cara interna.

Las corrientes de aire, activando en exceso y desigualmente la combustion, favorecen la libre y total combustion de la madera situada en aquella parte, siendo causas poderosísimas que determinan una incierta pero no ménos precisa disminucion en el producto final que se desea. Por esto, tanto en los hornos horizontales como en los verticales cerrados por aterramiento, rara vez se obtiene un residuo superior al 20 por 100.

Experiencias efectuadas en los montes de Balsain (La Granja) han dado para la madera de roble los siguientes resultados:

	Quintales métricos.
Peso del estéreo de leña de roble.........	5.491
Idem del estéreo de carbon.............	2.951

Relacion entre el carbon y la leña empleada:

En peso......................	17,85 por 100
En volúmen......................	31,79 por 100

y como el análisis de dicho carbon ha dado á los ingenieros encargados de la ordenacion de aquellos montes:

Carbon..................................	80,0
Hidrógeno...............................	1,9
Oxígeno y nitrógeno.....................	14,0
Sustancias térreas......................	4,1
	100,0

resulta que el rendimiento exacto de carbono es de 14,28 por 100.

La práctica, sin embargo, no va en sus apreciaciones industriales ó mercantiles tan exigente y exclusiva como los análisis químicos, y por ello es lo más frecuente—aunque sensible el silencio de los autores—que al hablar del rendimiento de las horneras se tome el peso del carbon fabricado y no el del carbono contenido en dicha sustancia, con lo cual la produccion aparece aumentada y defectuosas las conclusiones á que llegan la mayoría de los autores que han tratado de la materia.

Ello no obstante, y como estudio de generalizacion, hay ménos perjuicio en aceptar los datos suministrados en diversas obras, eligiendo siempre los que más confianza merezcan.

La Sociedad de Innerberg, establecida en Stiria (Austria), dió á conocer en la Exposicion Universal de Viena los productos de su bien entendida industria presentando todo género de datos sobre la carbonizacion de varias especies.

El adjunto cuadro, formado con ellos por el Sr. Arrillaga (1), encierra muy provechosa enseñanza acerca de la carbonizacion y sus productos en los montes de Stiria.

(1) *La produccion forestal.—Memoria sobre la parte dasonómica de la Exposicion Universal de Viena.*

ESPECIE	PESO DEL METRO CÚBICO		UN METRO CÚBICO DE MADERA DA EN CARBON		MERMA PRODUCIDA EN LA CARBONIZACION — TANTO POR 100			
	MADERA — *Kilógramos*	CARBON — *Kilógramos*	METROS cúbicos	KILÓGRAMOS	EN VOLÚMEN	EN PESO	En la seccion trasversal	En la seccion longitudinal
Abies excelsa (tronco)...........	383	193	0,60623	116,30	39,5	69,5	17,5	12
— *pectinata* (tronco).........	506	329	0,45998	151,38	54,0	70,0	25,5	16,5
Pinus silvestris (tronco)	530	364	0,44230	161,00	56,0	69,5	26,5	17,0
— (raíz)...........	588	377	0,42050	158,36	58,0	78,0	27,0	20,5
— (rama)...........	644	444	0,46406	206,05	53,5	68,0	25,0	17,5
Quercus pedunculata (tronco)....	795	460	0,50989	234,60	49,0	70,5	23,0	14,5
— (raíz).......	829	429	0,53048	227,50	47,0	72,5	21,0	15,5
Fraxinus excelsior (tronco).......	703	357	0,53120	189,50	47,0	73,0	20,0	17,5
Taxus bacata (tronco)...........	845	445	0,49419	219,79	50,5	74,0	24,5	15,5
Populus tremula (tronco)........	474	242	0,48692	117,36	51,5	75,0	24,0	16,0
Ulmus effusa (tronco)	724	461	0,39992	184,50	60,0	74,5	31,5	16,5
— (rama)............	701	437	0,44730	195,33	55,5	72,0	27,5	15,5
Bétula alba (tronco)............	703	454	0,39516	179,50	60,5	74,5	30,5	17,5
— (rama)..............	691	474	0,34547	163,84	65,5	76,5	34,5	20,5
Alnus glutinosa (tronco).........	553	315	0,47250	149,00	53,0	73,0	25,0	16,0
Juglans regia (tronco)..........	625	370	0,41300	153,06	58,5	75,5	30,5	15,5
Ilex aquifolium (tronco).........	882	550	0,39109	215,07	61,0	75,5	34,0	11,0

Beschorn, aunque sin precisar la especie de que proceden las maderas, ha condensado sus observaciones en el siguiente cuadro, en el cual consigna además la duracion de cada carboneo.

NÚMERO............	TIEMPO DE LA CARBONIZACION			PESO EN KILÓGRAMOS			
	Fecha en que se encendió el horno....	Fecha de su destruccion.	DURACION — *Dias.*	De la madera empleada en el horno....	De la chabasca empleada en rellenar huecos.....	De la madera con exclusion de la chabasca...	CANTIDAD DE CARBON
1	4 Set.	16 Set.	13	31.840	55	31.785	6.770
2	7 »	20 »	14	31.634	97	31.537	7.394
3	1 »	12 »	12	22.316	49	22.267	5.045
4	30 Ag.	12 Set.	14	22.291	»	22.291	4.669
5	7 »	17 Ag.	11	24.555	38	24.517	5.044
6	27 Set.	15 Oc.	19	26.048	928	25.120	6.287

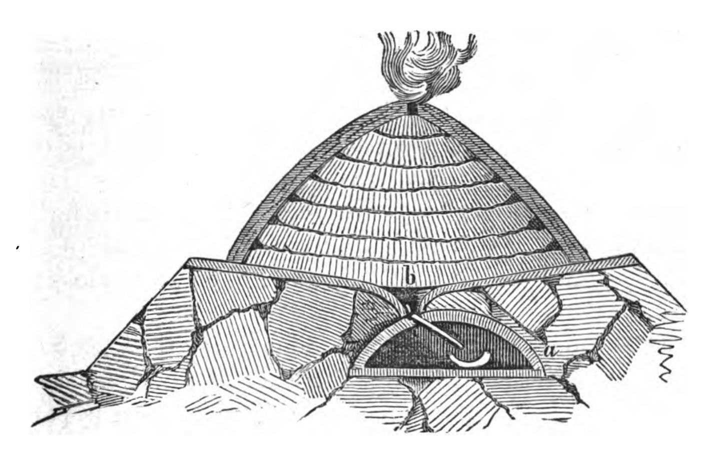
Como se ve, y como enseñan los principios anteriormente expuestos, el sistema de carbonizacion descrito exigia modificaciones en órden á la mayor obtencion de productos en cantidad y calidad de los mismos. ¿Cuáles son estas innovaciones y qué resultados producen?

CAPÍTULO IV

Carbones y breas. —Hornos portátiles.

Una modificacion en la solera de los hornos verticales, anteriormente descritos, permite obtener los productos resinosos de las coníferas.

En su mayor sencillez y consiguiente rusticidad, el nuevo procedimiento consiste en disponer la base del



(Fig. 5.ª)

horno en forma de cono muy abierto, como enseña la figura 5.ª, con la sola adicion de una cavidad ó vasija colocada debajo de la parte central de dicha base, ó mejor aún, y para evitar hundimientos, á un lado del horno,

en la cual viertan la brea y algunos ácidos disueltos en el agua de exudacion.

La carga y revestimiento de estos hornos se efectúa como en los llamados verticales, cuidando únicamente de que las ramas tengan ménos longitud, y tanto ellas como el césped ó tierra empleada en el revestimiento se encuentren desprovistas de humedad. La carbonizacion se efectúa de arriba á abajo, y á medida que avanza, y ántes de que el fuego alcance á las leñas, comienza ya, por sólo el calentamiento, la aparicion de la brea; mezcla de resina y esencia de trementina, corriendo á lo largo de las ramas hasta llegar á la solera, y por ésta al agujero de salida que la conduce al depósito. Para evitar el acceso del aire en el horno conviene que la extremidad del tubo conductor quede introducida en el agua.

Pegueras.—Dase este nombre en España, y el de *Fours pegliers* en Francia, á los hornos construidos con carácter de permanencia y destinados principalmente á la obtencion de la brea.

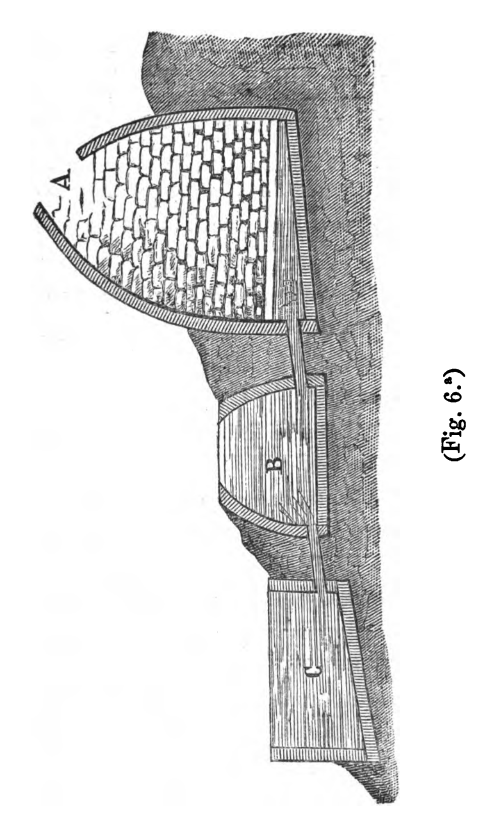
Las pegueras más comunmente usadas en la provincia de Segovia—que tomo por tipo de las que se construyen en otras diversas provincias—se componen de tres cavidades denominadas: *horno*, *hoya* y *fiera*, las cuales se disponen en terreno inclinado, de tal modo, que el horno quede levantado sobre los depósitos, conforme indica la fig. 6.ª

Las tres cavidades se hallan revestidas de barro ó de adobes, y más comunmente de ladrillo, en su fondo y paredes.

El horno es de forma abovedada, de 2^{m},00 á 2^{m},50 de elevacion. La base es plana, con diámetro de 1^{m},50, y ligeramente inclinada al lado de los depósitos. En la pared inferior, junto á la base del horno, hay un orificio del cual parte el conducto que comunica el horno con la hoya; conducto cilíndrico de ladrillo ó arcaduces, con diámetro de 10 á 15 centímetros y longitud de 0,50 metros.

La hoya es una cavidad practicada á flor de tierra, de forma tambien abovedada, con altura de 1^{m},50, diámetro

de 1^{m},30 en la base y abertura superior de 0^{m},70. Del fondo de la hoya parte otro conducto, análogo al anteriormente descrito, que comunica la hoya con la fiera ó depósito, el cual es de forma trapezoidal en la base, y situado



(Fig. 6.ª)

en ligera pendiente, con 2 metros de largo por 1 metro de ancho en su parte media y 0^{m},50 de profundidad. En estas pegueras se obtiene exclusivamente la denominada *pez negra*, utilizándose para ello la tea de la parte inferior del tronco, del tocon y de las raíces del pino marítimo. *(Pinus pinaster*, Sol.) El procedimiento empleado es el siguiente:

Partida la tea en trozos de 30 á 40 centímetros de largo por 4 á 6 de grueso, se encaña en el horno por capas, de las cuales la inferior toma la propia forma de la solera, cuidando de colocar, junto al orificio de la base, ramas de pino dispuestas trasversalmente, y otras encima, que constituyen el asiento de la capa inferior de teas, con lo cual queda un espacio entre éstas y la solera por donde corre libremente el líquido resinoso que se pretende recoger. Entre los lechos sucesivos de teas suelen colocar tambien algunas ramas.

Apenas cargado el horno, se levanta una pequeña pared de adobe que, disminuyendo la abertura superior por donde se hizo la carga, deja sólo un orificio de 0,40 á 0,50 metros de diámetro, por el cual se da fuego á las teas de la capa superior.

La combustion que se inicia y prosigue á partir desde aquel momento es más libre que en los hornos propiamente dichos, por cuanto no llega á cerrarse el agujero de chimenea; pero al mismo tiempo, y en virtud del humo abundante que se produce, dicha combustion avanza con lentitud relativa por la dificultad en la renovacion del aire.

Antes de las veinticuatro horas siguientes al principio de la quema empieza la destilacion, ó mejor dicho, la exudacion ó extravasacion abundante de la brea, la cual vierte en la hoya durante otras veinticuatro horas, pasadas las cuales termina comunmente la operacion. En el horno queda una pequeña cantidad de carbon y cenizas.

El producto destilado y recogido en la hoya se compone de agua, brea líquida, ácido piroleñoso, aceite pirogenado, etc., etc., al cual, levantada la tapa que cubria dicha hoya, se da fuego y quema para convertirlo en pez negra.

Esta operacion dura tres horas, probándose el líquido resultante en agua para ver si tiene la consistencia apetecida, y en caso afirmativo se abre el conducto que comunica con el depósito, al cual llega la pez con tempera-

tura muy elevada y estado de fluidez que permite su envase en cajones de madera.

Un horno de las dimensiones dichas necesita para su carga unos 1.600 kilógramos de tea, que producen 200 á 240 kilógramos de pez, ó sea un 14 por 100 aproximadamente. Una mejora introducida en la construccion de las pegueras de Segovia, es la de disponer la solera del horno en forma de ángulo diedro, ó sea dos planos muy abiertos, cuya arista determina interiormente una canal que facilita la reunion de los productos resinosos. Es igualmente favorable hacer más largo el conducto que va del horno á la hoya y cubrir la boca de ésta con una tapa de hierro que ajuste perfectamente é impida el acceso del aire.

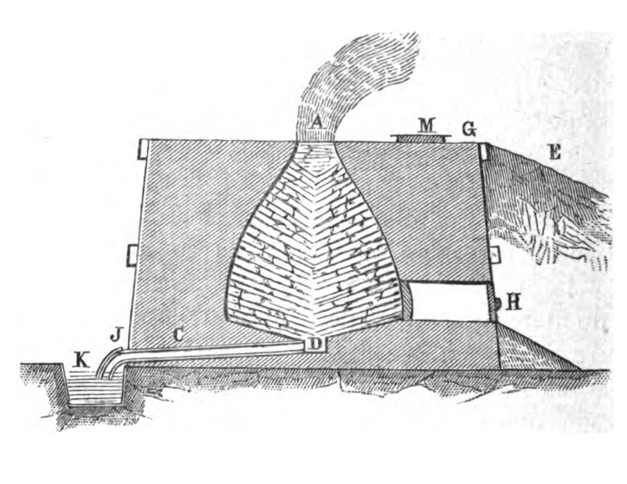
En las Landas de Gascuña las peguerías se construyen con muros de grande espesor, como representa la figura 7.ª

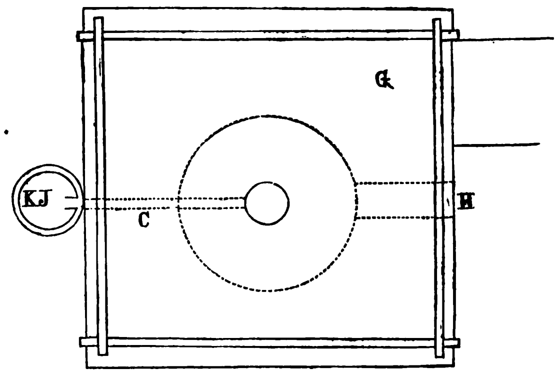
El emplazamiento se hace en un punto cualquiera, pues si no hay terreno pendiente para adosar al mismo una de las caras del horno, se construye un camino que permita subir hasta la base superior del mismo las carretillas que sirven para trasportar las teas. El corte horizontal de dichas pegueras es circular, con la solera cónica y una abertura y puerta H para la extraccion de los carbones y cenizas, residuo de la operacion. Una tapadera de fundicion sirve para cubrir la boca del horno y regular el ingreso del aire.

Es práctica muy recomendada la de efectuar varias quemas sucesivas, sin dar tiempo á que se enfrien las paredes de la peguera; y ántes de realizar la primera carga, se encienden algunas leñas con el único objeto de calentar el horno. Con ello se obtiene mayor rendimiento en brea, pues la destilacion comienza ántes y no se verifica á expensas de una parte de aquella sustancia consumida como combustible en el comienzo de la operacion.

Es difícil regular convenientemente la entrada del aire para que en direccion y tiempo se efectúe la combus-

tion del modo más conveniente al fin que se desea, y por ello no puede alcanzarse nunca en estos hornos la cantidad de carbon obtenida por los procedimientos ordinarios,





(Fig. 7.ª)

ni mucho ménos la que se realiza por los hornos cerrados, de muy diversos sistemas.

Las pegueras de las Landas contienen por término medio 4.000 kilógramos de leña, y producen 759 kilógramos de carbon y 440 kilógramos de brea; es decir, 18 por 100 de carbon y 11 por 100 de materias resinosas.

Importa hacer observar que no todas las maderas de las especies resinosas producen breas igualmente apreciadas en el comercio.

Las raíces, tocones y parte inferior de los troncos añosos son las partes del árbol que contienen mayores y mejores productos. El color amarillento de la brea es indicio de buena calidad; la más oscura, casi negra, es reputada como de calidad inferior y ménos precio.

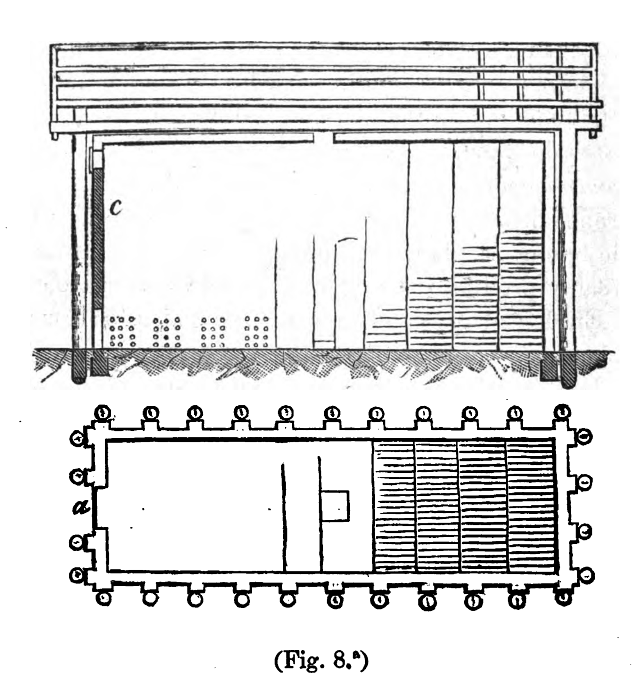
Las breas de las Landas procedentes de pegueras bien acondicionadas, adquieren tanto valor como los productos similares de Suecia y Noruega.

Carbonizacion en hornos cerrados.—Tienen por objeto preferente obtener el mayor rendimiento posible en carbon de buena calidad, y muchas veces utilizan tambien las breas y productos pirogenados de la materia combustible. En dos grupos podemos colocar todos los hornos de esta clase: *fijos* y *mudables.*

Entre los primeros, y aunque ninguna aplicacion tiene ni creo pueda tener en España, merece colocarse el llamado »Horno mejicano,» figura 8.ª, el cual consiste en una cámara rectangular formada por paredes y techo de fábrica, y revestida además de tablas para evitar el contacto de las aguas de lluvia y el demasiado y rápido enfriamiento que esto ocasionaria. Las dimensiones de este horno son, por término medio, unos 160 metros cuadrados en la base por 4 ó 6 de altura, con volúmen que varía de 600 á 900 metros cúbicos. En uno de los lados menores del rectángulo de la base hay una puerta *a* y una ventana *c* que sirven para la carga y descarga del horno. En el centro del techo se practica una chimenea para la salida de los humos. Varias series de agujeros—dispuestos en la parte inferior de las paredes—que se abren y cierran á voluntad, sirven para dar entrada al aire en el horno cuanto conviene á la buena marcha de la carbonizacion.

Dispuesta la leña como en los hornos horizontales, se enciende por la puerta *a*, que se deja abierta, al mismo

tiempo que la chimenea, hasta que el fuego se extiende y toma incremento para continuar sin más que el aire introducido por algunas de las aberturas *n*. La marcha de la operacion, los estados por que pasa la carbonizacion, la naturaleza de los humos, etc., etc., son los que dejamos descritos anteriormente, pudiendo asegurar que la



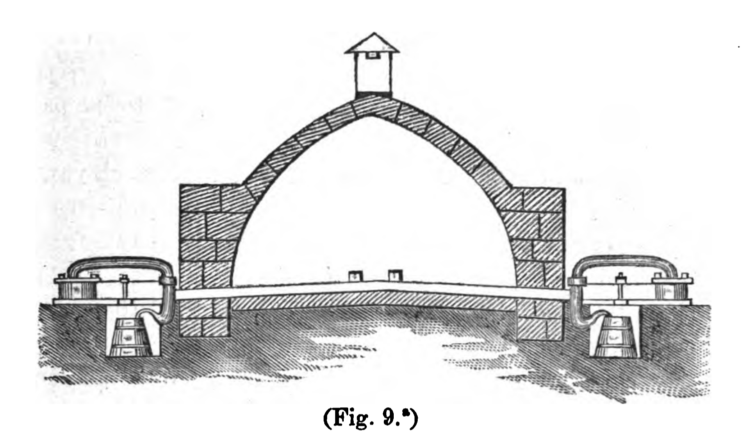
(Fig. 8.ª)

operacion se halla terminada cuando por los respiraderos más bajos sale el humo trasparente ó ligeramente azulado, sin mezcla de vapor de agua ni materias carbonosas en suspension. Llegado este momento se cierran todos los orificios, incluso la chimenea, y se deja enfriar al horno lentamente para, despues de algunos dias, proceder á la extraccion del carbon.

Los llamados *Hornos suecos*, ideados por Schwartz y Grill, se emplean en Orebro y Dalfors (Suecia), y en ellos se descompone y carboniza la madera por una llama sin

oxígeno libre que, desarrollando calor, no puede quemar la madera ni por consiguiente disminuir la cantidad de carbono contenido en la misma.

Se disponen, como indica la figura 9.ª, con un hogar



(Fig. 9.ª)

exterior, en el cual se quema leña de inferior calidad. nE estos hornos se aprovechan únicamente, además del carbon, los productos condensables, pues los gaseosos se inflaman y sirven para aumentar el calor y establecer el *tiro* de las chimeneas.

Exigen gran cantidad de combustible en el hogar, y por ello tienen sólo aplicacion donde abunde la primera materia y sean fáciles los medios de trasporte.

Al grupo de los *hornos cerrados mudables* pertenecen un gran número de aparatos inventados por diversos autores con éxito diverso, á causa del mayor ó menor coste de los hornos, de la facilidad ó dificultad de su manejo, de los deterioros que con el uso sufren, y de la cantidad y bondad de los productos obtenidos. No me detendré, porque sería alargar demasiado este capítulo, á reseñar todos los modelos que figuran en las obras especiales sobre la materia ó en los prospectos circulados por los autores y constructores, principalmente desde el año 1850; pero no debo pasar en silencio los sistemas de M. Moreau y M. Dro-

mart, que han recibido grande aplicacion y reportan beneficios que es imposible desconocer.

Como aspiracion constante y comun en esta clase de construcciones figuran desde luégo la de hacer desaparecer los inconvenientes que la eleccion de sitio y aterrado de los hornos comunes ofrece por la mala calidad del suelo en muchos montes: el deseo de evitar la grande vigilancia que en los hornos de tierra es preciso mantener para evitar los hundimientos y las roturas de la cubierta, y la esperanza de obtener mayor cantidad de carbon elevando el rendimiento de este producto á un tanto por ciento no alcanzado nunca por los antiguos sistemas. ¿De qué forma y hasta qué punto lo han conseguido?

HORNO DE M. DROMART.—*Descripcion.*—Este aparato se compone (1):

1.° De un círculo de hierro, de $5^m,20$ de diámetro, que se coloca horizontalmente sobre el suelo (A). Figuras 10 y 11.

2.° De diez y seis viguetas ó costillas, tambien de hierro, encorvadas como se representan en (B), dispuestas cada una en el plano vertical que pasa por su union al anillo (A) y el centro del horno.

Estos montantes son de doble pestaña y están provistos de agujeros en las aristas exteriores á la distancia de $0^m,1$. Su curvatura es la correspondiente á arcos de círculo de 5 metros de cuerda y $0^m,60$ de flecha.

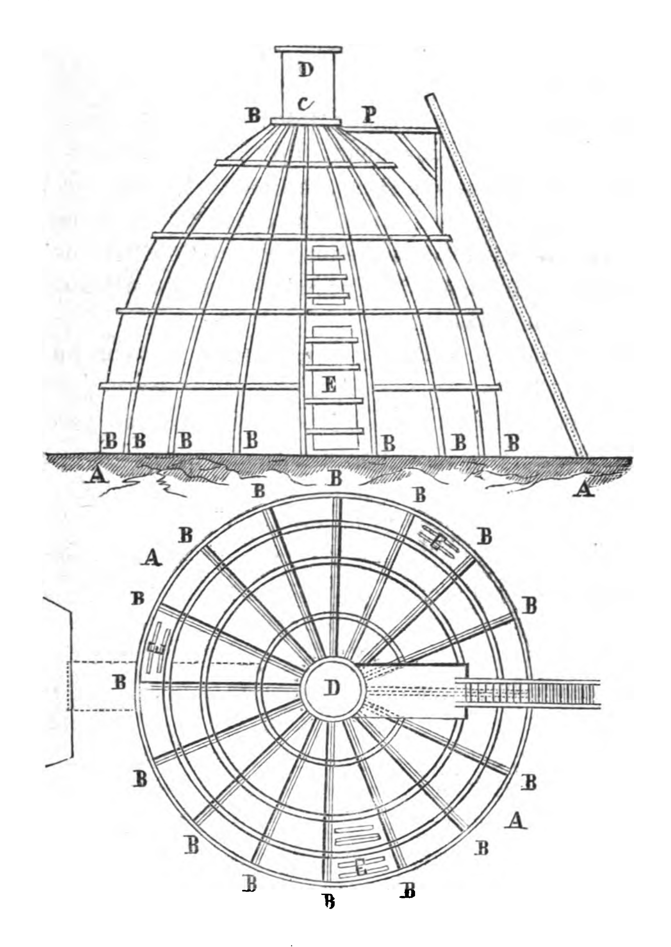
3.° De un anillo ó corona, de fundicion (c), de $0^m,68$ de diámetro interior, al cual se adaptan y sujetan las diez y seis viguetas mencionadas.

El conjunto de estas piezas constituye la armadura principal del aparato, fortalecido además por dos cerchas interiores de hierro laminado, dispuestas horizontalmente, á 2 metros una y á $3^m,50$ de altura la otra, y fijas á las viguetas por medio de pernos.

---

(1) Descripcion tomada de la obra titulada *Traité de la carbonisation des bois en forest*, por M. Dromart.

4.° De una chimenea (D), construida con hoja de hierro, de un metro de altura y diámetro igual al de la corona (C) sobre la cual descansa.



(Figuras 10 y 11.)

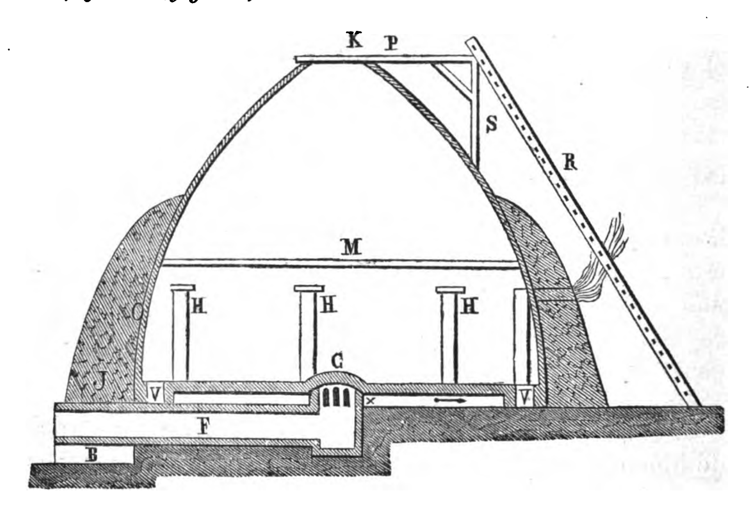
5.° De cuarenta tableros, tambien de hoja ó plancha de hierro, construidos de las dimensiones necesarias y con la cubierta correspondiente para que puedan ser colocados en cinco series en los espacios que dejan entre sí las

viguetas de la armadura, á las cuales se sujetan por medio de pernos atravesados en los agujeros de que unas y otras piezas se hallan provistas.

Los tableros de la primera y segunda serie, comenzando por el suelo del horno, tienen tres puertas (E), de $1^m,50$ de altura y $0^m,65$ de ancho, que sirven para efectuar por ellas la carga y descarga del aparato. Estas puertas se cierran por medio de barras de hierro que se sujetan exteriormente como indica la figura. En la tercera serie de tableros hay una sola puerta, de forma y disposicion análoga á los anteriores, pero de $6^m,75$ de altura y $0^m,70$ de ancho, y sirve para colocar las últimas capas de leña en el horno.

6.° De una escala que superiormente termina en un plano de hoja de hierro (P), de $1^m,20$ de largo y $0^m,76$ de ancho, apoyada convenientemente sobre las paredes del horno. Por ella pueden subir cómodamente los operarios á la parte superior del aparato y cerrar ó abrir, segun convenga, la abertura de la chimenea.

Completan el horno de M. Dromart otras construcciones, y son *(fig. 12)*:



(Fig. 12.)

1.° Un fogon (F) de $0^m,40$ de diámetro y forma cilíndrica, que llega hasta el centro del horno, en cuyo punto se levanta, constituyendo una cúpula provista de agujeros para la salida de los humos. El fogon y cúpula están construidos de ladrillos refractarios unidos por dos varillas de hierro que se sujetan á la boca del horno.

2.° Ocho tubos (X) de tierra refractaria de $0^m,40$ de longitud que sirven de punto de partida á ocho canales de ladrillo (I) que parten como otros tantos radios hasta la proximidad de la pared del horno.

Y 3.° Un anillo de ladrillos, corrido alrededor del horno (V), en el cual circulan los humos, calentando las planchas de fundicion que recubren dicho anillo en todo su desarrollo. Cada octava parte del horno tiene una chimenea de fundicion (H) que comunica al exterior, dispuesta de manera que, abriendo ó cerrando el tiro, se calienta más ó ménos la capacidad á que corresponde.

Supuesto ya montado el horno de M. Dromart—cuyo peso varía de 600 á 2.200 y 3.500 kilógramos, segun tenga capacidad para 20, 30 ó 50 esterios de leña,—procede revestirle exteriormente de tierra y céspedes, colocados éstos en forma de pared á la distancia de $0^m,30$ de los tableros, y rellenar de tierra seca el espacio que resulta entre ellos. A ambos lados de la puerta se construye un muro de piedra, ó en su defecto se sujetan los céspedes por medio de maderos sólidamente fijos en el terreno.

La altura del revestimiento puede ser la misma del horno; pero en los de mayor elevacion rara vez se construye más allá de la tercera serie de tableros, ó sea tres metros sobre el suelo. En este caso debe procurarse que el revestimiento tenga en la parte superior forma de talud para evitar que las aguas de lluvia puedan detenerse y corran á lo largo de las paredes del horno.

Carga y quema del horno.—Hecho cuanto se deja dicho, y despues de haber enlodado con arcilla todas las juntas que aparezcan al descubierto, se procede á cargar el horno, operacion muy semejante en todo á la de los

hornos verticales anteriormente descritos. Conviene, para la mejor marcha de la quema y buen resultado en la calidad y cantidad del carbon, que las leñas más gruesas se encuentren en el centro del horno y en su parte superior, donde la carbonizacion es más activa. Importa poco la mayor ó menor verticalidad de los troncos ó ramas que constituyen la carga del horno; pero debe cuidarse mucho de que resulte con los menores huecos posibles.

Terminadas estas operaciones puede dar comienzo el calentamiento del aparato y sucesiva carbonizacion de las leñas introducidas en el mismo. Para ello se introduce combustible en el fogon y se alimenta con cierta lentitud en un principio y más activamente despues, procurando que los humos aparezcan por todas las chimeneas á la vez, lo cual se consigue tapando aquellos que mayor tiro acusen para obligar al humo á buscarse otra salida. Aquí, como en los hornos aterrados, la primera vez que se emplea en cada sitio hay necesidad de que ántes de comenzar la carbonizacion se deseque el suelo, y esto aumenta el gasto de combustible y retarda la duracion del carboneo. Suponiendo que sólo desee obtenerse carbon, despreciando los productos destilados, la operacion—en horno de 50 esterios—dura de setenta y dos á ochenta horas y consume de 6 á 8 esterios de combustible.

En cuanto á rendimientos, los datos suministrados por el mismo M. Dromart, como resultado de larga práctica, y los declarados por M. Roux, comisionado para estudiar los hornos de que nos venimos ocupando, pueden resumirse en la siguiente forma:

	Kilógramos
Volúmen de la madera introducida en el aparato: 51 esterios que pesaron	18.000
Madera quemada en el hogar: 7 esterios	2.630
Total madera	20.630

		Kilógramos
Carbon obtenido.........	Grueso	4.966
	Menudo	263
		5.229

Rendimiento en peso: 29 por 100 de la madera introducida en el aparato, y 25,34 por 100 del peso total de la madera, comprendido el combustible.

Si se atiende á que éste puede provenir de despojos de cortas, ramas y ramillas sin valor, etc., se comprenderá la importancia que tienen las primeras cifras, que acusan un producto muy superior al alcanzado por los hornos anteriormente descritos.

Obtencion de los productos piroleñosos.— No ha querido M. Dromart que se conviertan en pura pérdida los gases producidos en el interior de los hornos durante la carbonizacion de la madera, y al efecto, conservando el aparato en toda su integridad, lo utiliza — por la adicion de refrigerantes y depósitos — para recoger los productos piroleñosos y la brea solicitados en el comercio. Prescindiendo de los revestimientos interiores que convierten al horno en *fábrica* de estacion fija, y del refrigerante de agua, que no es aplicable sino en puntos muy determinados, M. Dromart construye el llamado *refrigerante de aire* (porque sólo actúa para rebajar la temperatura el aire de la atmósfera), el cual se compone de las siguientes partes:

1.ª Un tubo que parte de la chimenea del horno y sirve para conducir los gases al refrigerante propiamente dicho.

2.ª Un cilindro horizontal de $0^{m},50$ de diámetro y $1^{m},50$ de longitud, que recibe los vapores para su distribucion; y

3.ª Seis tubos de 15 metros de largo y $0^{m},16$ de diámetro, establecidos paralelamente en un plano inclinado, los cuales reciben el vapor y los gases llegados al cilindro que les sirve de cabeza, y vierten, en otro cilin-

dro análogo y de iguales dimensiones, los líquidos reducidos por condensacion.

Como accesorios del refrigerante hay además una chimenea que sirve para dar salida á los gases no condensables; una capacidad (caja ó barrica) para recoger los líquidos, y un sifon para verterlos desde el cilindro c' al depósito.

Provisto el horno de este refrigerante y accesorios descritos, la quema se efectúa del mismo modo que cuando sólo se procuraba la obtencion de carbon; pero en el depósito H se recogen una parte—el tercio próximamente—de los productos condensables formados en el interior del aparato.

En estas condiciones, el horno de M. Dromart aventaja con mucho á los hornos ordinarios por aterramiento, en cuanto obtiene mayor cantidad de carbon y una parte de los productos resinosos y piroleñosos de la materia empleada; pero apenas podria competir con las peores pegueras de las Landas, si no es por la facilidad de trasportar el horno al punto que se crea conveniente.

Convertido en horno fijo, y provisto de un refrigerante de agua que permita condensar todos los productos líquidos de la destilacion, el aparato de M. Dromart cobra nueva y merecida importancia, pues en tales condiciones su comparacion con las pegueras tipos de las Landas suministra los siguientes datos:

HORNO PEGUERÍA		Pesetas
50 esterios de madera producen 3.795 kilógramos de carbon, que al precio de 3 pesetas los 100 kilógramos, valen		113,85
2.200 kilógramos de brea recogida en el depósito, á 12 pesetas los 100 kilógramos		264
Total		377,85
Gasto por carga, descarga y vigilancia	51	61
Interés y amortizacion del horno	10	
Producto líquido		316,85

HORNO DROMART	Pesetas
50 esterios de madera producen: 4.600 kilógramos de carbon, á 3 pesetas los 100 kilógramos..............	138
4.200 kilógramos de brea y agua, á 12 pesetas los 100 kilógramos....................................	504
Piroliñito de cal, á 70°, 400 kilógramos..............	72
Total......................	714

	Pesetas
Gasto por carga del horno.............	30
Calefaccion durante 80 horas.......	20
Descarga y embalaje....................	6
Interés y amortizacion de los aparatos...........	20
Combustible................	36
	112

Pero los líquidos resinosos recogidos en el depósito deben ser destilados para obtener el ácido acético, dando como residuo la brea, y además es preciso concentrar los piroliñitos de cal, lo cual exige:

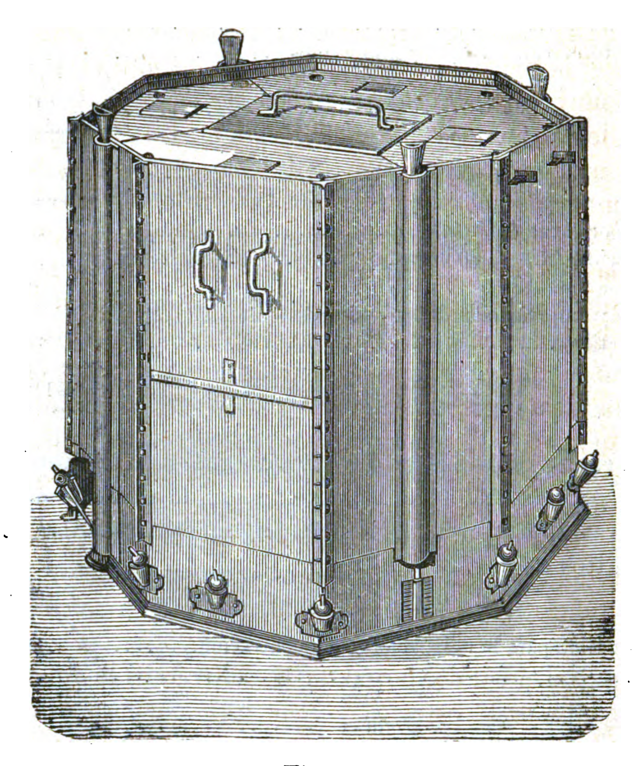
	Pesetas
Combustible para la destilacion y concentracion........	30
Cal....................................	3
Total.....................	33

que hacen en junto el gasto total de 145 pesetas, dejando un beneficio líquido de 569 pesetas como producto de los 50 esterios de madera, en vez de las 316,85 obtenidas por el método de las pegueras.

Horno de M. Moreau (1).—Tiene la forma de un prisma recto octogonal *(fig. 13)*, compuesto de ocho tableros de palastro, con espesor de dos milímetros y medio,

(1) *Revue des eaux et forets*, 1878.

altura de $2^m,50$ y 1 metro de ancho. Estos tableros se colocan verticalmente sobre el suelo—preparado como para los hornos ordinarios,—y se unen entre sí por medio de pernos que comprimen las pestañas de los bordes de cada



(Fig. 13.)

uno. El tablero que sirve de puerta está dividido en dos hacia la mitad de su altura, con objeto de facilitar la carga y descarga del horno.

Superiormente cubren al horno cuatro placas de palastro, dispuestas de manera que en el centro del plano que determinan queda una abertura cuadrada de $0^m,50$ de lado, la cual se cierra con una tapadera provista de asa. En cada uno de los ocho ángulos de la cubierta hay un

pequeño agujero (bufarda), que sirven para facilitar y regularizar la marcha de la combustion. Los tableros llevan una chimenea dispuesta como enseña la figura 13, que corre todo á lo largo del horno y comunica inferiormente con el interior de éste por medio de una abertura practicada en el tablero. Completan el sistema de comunicacion entre el horno y la atmósfera diez y seis agujeros, situados á muy poca altura del suelo y provisto cada uno de ellos de una pieza en forma de embudo. En ellos, para obtener un cierre automático, se coloca una esferita de fundicion atravesada por una varilla de madera, cuya longitud es tal que, introducida en el sombrerete de cada respiradero, toca dicha varilla al suelo del horno y la esferita queda levantada sin impedir la circulacion del aire. Cuando, por efecto de la combustion de las leñas del horno, las varillas dichas se consumen, al punto las esferitas, faltas de sosten, caen al fondo de los agujeros y los cierran, con lo cual se interrumpe la circulacion del aire en la parte inferior del horno. Análoga disposicion se da á las válvulas ó tapaderas que, en forma de medio cono, sirven para cerrar las chimeneas del horno: cuando la varilla de madera que las mantiene levantadas se quema, dichas válvulas caen y la circulacion queda terminada.

La capacidad del horno de M. Moreau es la suficiente para contener 10 esterios de leña, que se coloca en la forma ordinaria, terminando superiormente con una ligera capa de musgos, ramillas ú hojas.

La quema del horno se efectúa introduciendo por una reguera, construida en el suelo desde la periferia hasta el centro de la base, algunas teas encendidas ó ramillas secas que produzcan abundante llama. Abiertos todos los agujeros de la tapadera ó techo del horno, la combustion se propaga y adquiere intensidad, lo cual se manifiesta por la abundancia de humos. Cuando ha llegado á este punto, que los carboneros deducen perfectamente por la práctica, se cierran todas aquellas aberturas, y el tiro se

establece por los respiraderos y las chimeneas. De este modo los gases más calientes y ligeros se elevan por el interior y centro del horno, reemplazando á los que les precedieran, los cuales, por absorcion de los vapores producidos, se vuelven más densos y descienden por junto á las paredes para salir á la atmósfera arrastrados por el tiro de las chimeneas.

En estas condiciones la combustion avanza, hasta que al cabo de treinta y seis horas próximamente la carbonizacion se ha efectuado, y en este momento los respiraderos y las chimeneas se cierran automáticamente por virtud de la disposicion ántes mencionada.

Numerosas experiencias ejecutadas con los hornos de M. Moreau han demostrado que su rendimiento en carbon es, por término medio, de 23 á 26 por 100 en peso y de 36 á 40 por 100 en volúmen.

La calidad del carbon obtenido es inmejorable, y la facilidad de trasportar el horno se comprende al ver que ninguna de sus piezas tiene peso superior de 70 kilógramos.

En resúmen, las ventajas que, segun B. Coudure, presenta este nuevo aparato de carbonizacion, son:

1.ª Rendimiento y calidad superior en los productos, comparado á los obtenidos por el sistema ordinario.

2.ª Facilidad en el manejo del aparato, que no exige en los operarios conocimiento especial alguno.

3.ª Facilidad para su instalacion en cualquier sitio de los montes.

4.ª Precio económico del horno, y muy larga duracion.

CAPÍTULO V

Destilacion de la madera.

El nombre de *Philippe Lebon d'Humbersin* es el comienzo obligado de toda reseña—siquiera haya de ser muy sucinta—encaminada á exponer la teoría y procedimientos de la destilacion de la madera.

Al terminar el último siglo, allá por los años de 1796 á 1798, descubrió M. Lebon que la madera fuertemente calentada en vasos cerrados, no sólo producia carbon, sino gases combustibles y materias ácidas y bituminosas. Los primeros aparatos para la fabricacion de estos productos fueron instalados cerca del Havre, y con tal desarrollo, que en breve tiempo pudo ofrecerse al mercado grandes cantidades de *brea* para la marina.

Cuando en 1814 terminó el privilegio obtenido por el inventor, prosiguieron estos trabajos los ingleses, atentos principalmente á la obtencion del gas del alumbrado. Los hermanos Mollerat primero, y Kestner despues, perfeccionaron los procedimientos, dedicándose á la fabricacion del ácido acético extraido de las maderas. Desde entónces se han multiplicado considerablemente las fábricas y los aparatos ideados para obtener el producto de la destilacion de la madera; por más que, asentadas desde un principio las verdaderas bases del sistema, ninguna variacion esencial representen los modernos inventos.

Dícese *destilacion* y no *carbonizacion* de la madera, porque áun cuando los mismos productos se originan en uno que en el otro caso, en la carbonizacion propiamente dicha arde la madera carbonizable, y los productos volátiles, combustibles ó no, recobran su verdadero estado por virtud del calor producido en esta combustion, en la cual además toman parte combinándose al oxígeno del aire. En la destilacion, por el contrario, hay destruccion de la materia leñosa, separándose los elementos fijos (carbono y cenizas) de los elementos gaseosos (oxígeno, hidrógeno y nitrógeno), con formacion de carbon, ácidos y gases combustibles; pero el calor que determina este hecho procede del exterior y obra sólo en la materia destinada á la destilacion como fuerza mecánica de grande y especial virtualidad.

El carbono y cierta cantidad de gases retenidos por absorcion forman el depósito de la retorta ú horno; los gases permanentes (1) salen al exterior y se mezclan con el aire de la atmósfera, y los productos líquidos condensados, incluidos bajo la denominacion comun de *ácido piroleñoso*, se recogen en depósitos con objeto de someterlos despues á diversas manipulaciones, que han de permitir la separacion de cada uno de los cuerpos que reciben especial valor en la industria. Divídese, por consecuencia, en dos secciones el presente estudio:

1.ª Destilacion propiamente dicha.

2.ª Separacion de los productos derivados.

El conocimiento de cuanto á la primera se refiere entra de lleno en el campo de las industrias forestales; pero sería difícil, cuando no imposible, incluir en el mismo los diversos puntos que abraza la seccion segunda. Por ello, temeroso de extender con exceso el cuadro del presente estudio, haré caso omiso de cuanto se refiera á la obtencion y purificacion de diversos productos derivados

(1) Reciben este nombre, que la ciencia pura no admite, por diferenciarlos de los otros gases que se condensan en el refrigerador.

del ácido piroleñoso, indicando á lo más algunas de las primeras manipulaciones á que se someten los líquidos producidos en la destilacion de la madera.

I

Obtencion de los productos piroleñosos. — Las maderas sometidas á la destilacion suministran cantidades diversas de sus principales productos, segun la especie á que corresponden.

Las resinosas son ricas en brea y pobres en ácido acético, al paso que las amentáceas, ulmáceas, etc., dan abundante cantidad de dicho ácido y pocos aceites y materias del grupo de las resinas.

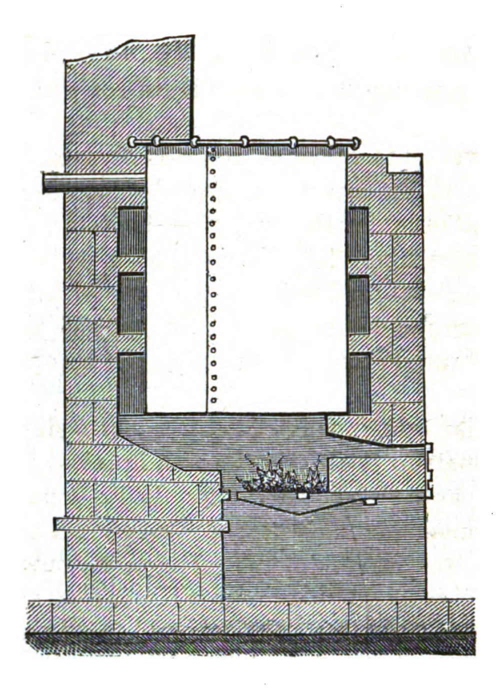
La práctica ha enseñado que para el mejor éxito en la operacion debe cortarse las leñas en trozos de menor longitud que para el carboneo ordinario; y si los tueros son muy gruesos, conviene rajarlos para que el calor penetre más fácilmente en la masa. Como en toda destilacion, debe observarse en la de la madera: 1.°, la naturaleza, forma y dimensiones de la retorta, del horno y de los refrigerantes; 2.°, la desagregacion de la materia encerradà en la retorta, y la naturaleza de los productos originados.

Retortas y hornos. — Dos clases de aparatos se emplean para efectuar esta destilacion; los que tienen el vaso destilatorio fijo, y los que le tienen movible.

Al primer grupo corresponde el ideado por M. Kestner, casi exclusivo durante algun tiempo y usado aún en algunas fábricas.

Consta de un cilindro de lámina de hierro batido, de tres metros cúbicos próximamente de capacidad, y provisto de una cubierta tambien de hierro, que se sujeta mediante unas tenazas que comprimen los rebordes del cilindro y de la tapadera. En la base hay un agujero que sirve para descargar la retorta, el cual se cierra con una plancha que ajusta perfectamente para impedir la salida

de los gases y la entrada del aire. Un tubo colocado lateralmente en la parte superior del cilindro permite la salida de las materias volatilizadas. El todo *(fig. 14)* está encerrado en un horno de ladrillo, construido de manera que la llama del combustible no sólo actúe en la base de



(Fig. 14.)

la retorta, sino que pueda circular alrededor de sus paredes, saliendo los humos y aire caliente por una chimenea que establece el tiro y activa la combustion del carbon de hulla colocado en la rejilla.

Levantada la cubierta de la retorta, se introduce en ésta la madera, colocando verticalmente los tacos, pues la experiencia condena como perjudicial el disponerlos horizontalmente, como al principio se hizo.

Un segundo tipo de retortas fijas es el que ofrecen los aparatos, muy usados en Inglaterra, en Suecia y áun en

Francia, y que consisten en cilindros de fundicion, dispuestos horizontalmente, con longitud de $1^m,70$ y $0^m,80$ de diámetro, colocados dos á dos en un mismo horno. Cada cilindro lleva dos discos en sus extremidades, ambos movibles; pero sólo uno de éstos, el de la cara anterior, se abre para la introduccion de la madera y extraccion de los carbones, llevando el otro un tubo tambien de fundicion que conduce al recipiente los gases producidos.

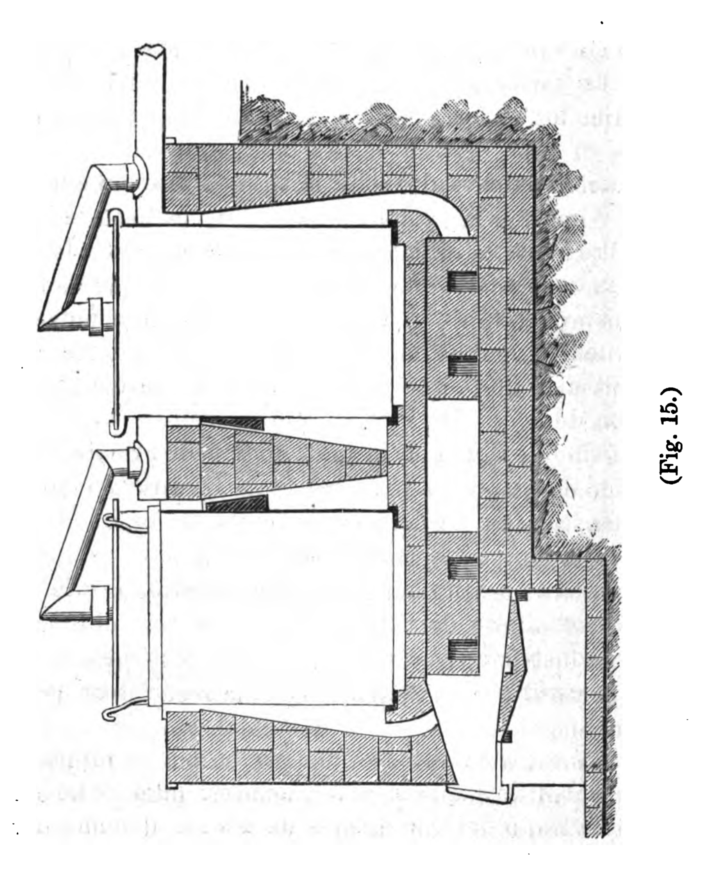
El inconveniente de estas retortas ó vasos destilatorios es, como fácilmente se comprende, la necesidad de hacer alternante la destilacion, pues la carga de la madera y la extraccion del residuo carbonoso exigen un cierto tiempo durante el cual las paredes del horno se enfrian, desapareciendo en pura pérdida todo el calor recibido, que habrán de tomar nuevamente en las operaciones sucesivas.

Para obviar este inconveniente, ocurrió desde luégo la idea de construir dos ó más retortas iguales, con medio fácil para separar el tubo conductor de los gases y, sirviéndose de una grúa, levantar el vaso apenas terminada la operacion, sustituyéndole por otro ya cargado de madera, y en estado de funcionar sin pérdida alguna de tiempo ni de combustible. La union de dos de estos hornos calentados por un mismo hogar ha resuelto en lo posible la cuestion económica del calentamiento, disponiendo les aparatos en la forma que indica la figura 15.

En la rejilla del hogar se quema la hulla, y el calor actúa á voluntad del operador sobre uno ú otro de los vasos destilatorios, merced á los registros de humo ó salidas de aire que pueden abrirse ó cerrarse en la parte superior del horno, junto al cuello de las retortas, y á favor tambien de los gases combustibles de la propia destilacion que pueden dirigirse bajo uno ú otro de los recipientes.

La buena marcha de la operacion en estos aparatos exige que no se verifique á un mismo tiempo en ambas retor-

tas, sino que en una termine la carbonizacion cuando en la otra apenas se halle comenzada. En este supuesto, cuando el operario encargado de la operacion conoce que la destilacion ha concluido en uno de los vasos, cierra los con-



(Fig. 15.)

ductos de salida de humo correspondientes á aquella parte del horno y dirige bajo la otra retorta los gases combustibles. Entónces, sirviéndose de una grúa montada en la parte superior de los hornos, levanta el vaso en cuestion y, despues de colocarle sobre un carrito que sirve para el trasporte al lugar de la descarga, introduce en el horno un nuevo recipiente lleno de madera.

El calor anterior de las paredes del horno, emitido por radiacion hacia la retorta que se acaba de introducir, la calienta prontamente, y con la ayuda del fuego del hogar—que acude impelido por la corriente que determinan los respiraderos, ahora abiertos,—pronto comienza la evaporacion del agua higrométrica contenida en la madera. Trascurrida una hora próximamente comienzan á presentarse los vapores ácidos, y entónces se adapta á la tapadera el tubo conductor, no habiéndolo hecho ántes porque conviene que el vapor de agua se marche á la atmósfera y no vaya á acompañar en el depósito á los productos pirogenados. Miéntras esto sucede ha quedado terminada la destilacion en el vaso núm. 2 y se procede á su sustitucion por otro ya cargado, no sin que ántes, y por los medios ya dichos, se dirijan sobre la retorta número 3 el calor del horno y la llama de los gases por ella misma producidos. De esta suerte se continúa aprovechando todo el calor, con la particularidad, grandemente favorable, de que para cada retorta es tanto ó más intenso cuanto más avanzada se encuentra la destilacion.

El contenido de un vaso de dos metros cúbicos destila y se carboniza en ocho horas, término medio. Por lo general, y con objeto de utilizar mejor los servicios de la grúa, se construyen dos series de hornos paralelos, que contienen cuatro retortas funcionando sin interrupcion *(fig. 16)*.

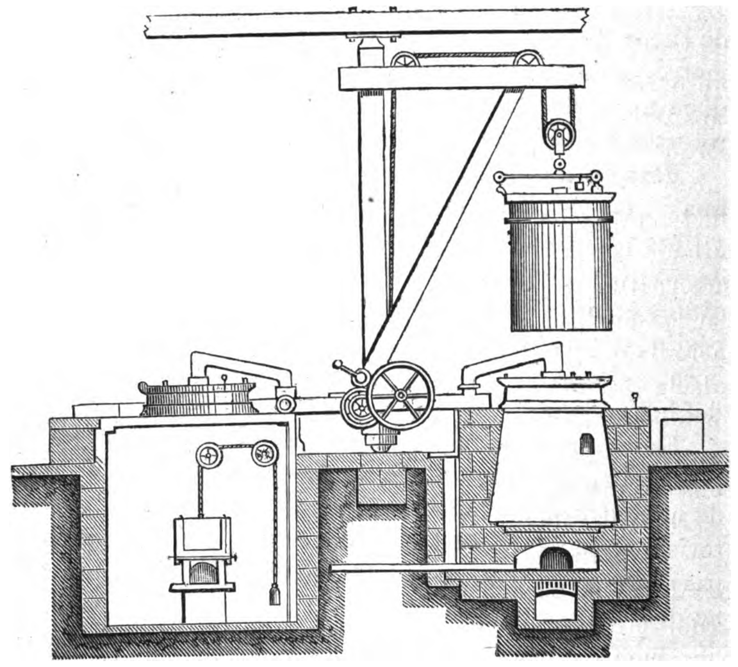
Algunos otros aparatos se han inventado y propuesto por diferentes Ingenieros y fabricantes; pero ó no han sido aceptados, ó difieren apenas de los que dejamos descritos.

Refrigerantes.—Dase este nombre, y tambien el de condensadores, á todos aquellos aparatos que por medio del enfriamiento roban su calórico latente á los vapores, haciéndoles tomar el estado líquido bajo el cual son recogidos en los depósitos al efecto preparados.

Las condiciones que debe satisfacer un buen condensador son:

1.° Gran superficie refrigerante y disposicion tal que los vapores hayan de ponerse necesariamente en contacto con dicha superficie.

2.° Inmersion en un depósito de agua de renovacion



(Fig. 16.)

continua y en cantidad bastante para que su temperatura no se eleve mucho sobre la de la atmósfera.

3.° Estar formados de una sustancia buena conductora del calor é inatacable por los productos de la destilacion.

En el caso presente, y reconociendo desde luégo que el cobre es el metal más conveniente y casi exclusivo para construir los tubos del refrigerante, hase dado á éste formas y dimensiones variadas, como tambien importantes piezas adicionales para la purificacion de los gases no

condensables. Con presentar el aparato que pasa por más perfeccionado, tendremos bastante, en materia de suyo fácilmente comprensible, para llenar esta parte de nuestro estudio.

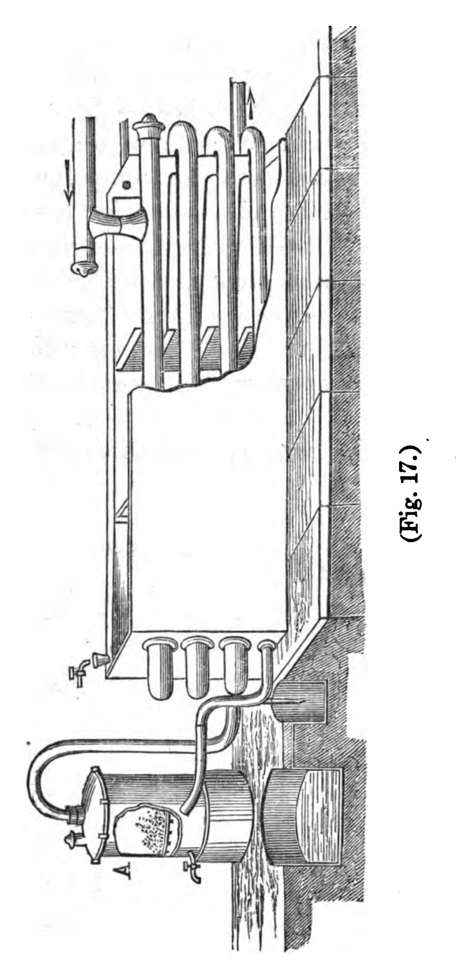
Dicho refrigerante, perfeccionado por M. Vicent y descrito por el mismo, se compone *(fig. 17)* de una serie de tubos rectos, unidos por otros acodados, de igual diámetro, que en junto forman un solo tubo, cuyo grueso va disminuyendo desde la extremidad más próxima á las retortas hasta la de salida de los productos condensados.

Para evitar los efectos de la dilatacion se dispone cada una de las porciones de tubo recto, sujeta por un extremo y libre por el otro, moviéndose en una pequeña caja llena de estopa y sebo. El extremo inferior del refrigerante se divide en dos tubos; uno que vierte los líquidos en el depósito, y otro que conduce los gases incondensables al horno, donde se inflaman y arden aumentando el calor del hogar.

Es de la mayor importancia que el refrigerante diste poco de las retortas en que se verifica la destilacion, pues de lo contrario, calcinándose en el tubo caliente las materias resinosas, ocasionan depósitos que obstruyen el paso á los gases, obligando á desmontar el aparato, cuando no determinan explosiones por el aumento de presion.

Independientemente de la longitud de los tubos y de la temperatura que éstos alcancen, se produce una pérdida de ácido acético y vapores de alcohol methílico, arrastrados por los gases combustibles en virtud de la fuerza de saturacion que les es propia. Para remediar esto, evitando el empleo de materias frigoríficas, siempre muy costosas, ha utilizado M. Vicent el calor latente de la disolucion de algunas sales muy higroscópicas. Sirviéndose del cilindro *A*, hace pasar los gases ya enfriados á su salida del refrigerante á través de una capa de cristales de carbonato de sosa. Bajo la influencia de la corriente gaseosa, saturada de vapores ácidos y acuosos, se disuelven los cristales con descenso grande de la temperatura, y al

propio tiempo y por esta última circunstancia se condensan los vapores sustraidos por los gases. El ácido acético forma con la sal acetato de sosa, que permanece en la disolucion recogida en la mitad inferior del cilindro.



(Fig. 17.)

Con el propio objeto de evitar la pérdida de vapores — pérdida tanto menor cuanto más baja sea la temperatura á que se verifica la destilacion—han utilizado otros la cal viva, la cual, si como sustancia de condensacion para los

vapores ácidos no es tan enérgica como el carbonato de sosa, reune las ventajas de absorber el ácido carbónico, y con ello los gases combustibles salen más purificados y producen mayor calor al arder debajo de las retortas.

Productos originados por la destilacion. — Partiendo de los datos anteriormente consignados como expresion de la composicion de la madera, y admitiendo que ésta contiene por término medio y en las condiciones ordinarias de sequedad 20 por 100 de agua, se originan, mediante la destilacion en vasos cerrados á temperaturas comprendidas entre 100 y 400 grados centígrados, los siguientes productos, que M. A. Gillot dispone en forma de cuadro, con expresion del valor que corresponde á cada uno de los cuerpos hidrógeno, carbono y agua, á que en último término—abstraccion hecha de las cenizas y del nitrógeno—queda reducida la constitucion genuina de la materia leñosa.

Cien partes de madera, conteniendo 20 por 100 de agua, dan:

		HIDRÓGENO EN EXCESO.	AGUA	CARBONO
1.°—*En materias fijas.*				
25 por 100 de su peso en carbon comprendiendo las cenizas		»	»	25.0000
2.°—*En materias volátiles condensables.*				
7 por 100 de su peso en ácido acético monohidratado, cuya fórmula es $C^4 H^3 O^3 + HO$, contenindo	Agua	»	4.2000	»
	Carbono	»	»	2.8000
1 por 100 de su peso en methyleno, cuya fórmula es: $C^2 H^4 O^2$, conteniendo	Agua	»	0.5625	»
	Hidrógeno	0.0625	»	»
	Carbono	»	»	0.3750
5 por 100 de su peso en aceites y breas comprendidos bajo la fórmula $C^4 H^4$, conteniendo	Carbono	»	»	4.2858
	Hidrógeno	0.7142	»	»
45 por 100 de agua		»	45.0000	»
3.°—*En materias volátiles no condensables.*				
17 por 100 compuestos de ácido carbónico y óxido de carbono en volúmenes iguales; más hidrógeno libre é hidrógeno bicarbonado, en proporciones tales, que dan:				
Carbono		»	»	7.5392
Oxígeno 8.4096 Hidrógeno 1.0512	Agua	»	9.4608	»
100 Totales		0.7767	59.2233	40.0000

Pero es cosa perfectamente demostrada que la temperatura á que la destilacion se verifica, no sólo influye sobre la duracion de la operacion, sino tambien sobre la naturaleza de los productos originados, toda vez que los cuatro elementos, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y carbono, reaccionan mutuamente, creando, á medida que la temperatura se eleva, cuerpos cuyo carácter distintivo es, en general, su naturaleza gaseosa y su riqueza en carbono.

Estudiando la marcha de la destilacion en las curiosas é importantes experiencias ejecutadas por M. Guillot y consignadas en su obra (1), debo condensar los datos fundamentales que han de permitirnos despues llegar á diferentes conclusiones.

---

(1) *Carbonisation du bois et emploi du combustible dans la metallurgie du fer.*

PRIMERA EXPERIENCIA					
DIAS Y HORAS			TEMPERATURA del interior de la retorta	NÚMERO de órden de las observaciones	FENÓMENOS OBSERVADOS
1.° Agosto	5 1/2	tarde...	21		
»	8	noche.	95	1	El líquido destila á gotas; color muy claro; olor de mithyleno.
»	11	idem...	118	2	Iguales operaciones.—Reaccion ligeramente ácida.
2 Agosto	2	mañana.	135	3	Reaccion muy ácida.
»	5	idem...	148	4	No hay señal de gases inflamables.—Un cuerpo encendido se apaga y enfria en los gases que se desprenden.
»	2	tarde ..	185	5	
»	7	idem...	220	6	Aparecen algunas gotas de brea.
»	8	idem ..	203	7	Apariencias de óxido de carbono.
3 Agosto	4	mañana.	231	8	Destilacion más abundante.—Líquidos rojos.
»	6	idem...	236	9	Líquidos color café.—El gas arde algunos instantes con llama azul propia del óxido de carbono.
»	1	tarde...	241	10	
»	3	idem...	242	11	Disminucion en líquidos.—Abundancia de mithyleno.
»	6	idem...	253	12	Los gases arden cortos momentos con la llama azul.
»	8	idem...	260	13	Aumenta la destilacion de los líquidos.
»	10	idem...	323	14	Sigue la abundancia de los líquidos color café.
4 Agosto	7	idem...	332	15	Los gases arden de un modo permanente; la llama es mitad blanca y mitad azulada.
»	12	noche..	368	16	Disminuye la produccion de líquidos, que son brea en totalidad.—Llama más corta.
5 Agosto	7	mañana.	330	17	Aumenta la disminucion de líquidos y gases.

SEGUNDA EXPERIENCIA			
DIAS Y HORAS	TEMPERATURA del interior de la retorta	NÚMERO de órden de las observaciones	FENÓMENOS OBSERVADOS
5 Setiembre 3 tarde...			
» 11 noche..	102	1	Comienza la salida de líquidos con olor débil de mithyleno.
6 Setiembre 6 mañana.	124	2	Aumenta la acidez del líquido, que contiene ácido acético.
» 11 idem...	141	3	El acetímetro Salleron marca 1,5 por 100.
» 9 noche..	153	4	Trazas de ácido carbónico y óxido de carbono.
7 Setiemhre 6 mañana.	171	5	Aumenta la produccion de gases y de ácido acético.
» 10 idem...	185	6	Líquidos de color amarillo; 9 por 100 de ácido acético.
» 1 tarde...	200	7	22 por 100 de ácido acético.—Los gases no arden.
» 8 noche..	218	8	Líquidos claros; 48 por 100 de ácido acético.
» 12 idem...	225	9	Oxido de carbono que arde; líquidos color de café.
8 Setiembre 5 mañana.	230	10	Disminucion de líquidos.
» 6 idem...	229	11	
» 7 idem...	225	12	Disminucion de líquidos.—Aumento de gases.
» 2 tarde...	255	13	Aumenta el óxido de carbono y disminuye el ácido carbónico.
9 Setiembre 1 mañana.	262	14	Disminucion de líquidos.
» 6 idem...	296	15	Llama abundante de los gases.—Líquidos espesos.
» 7 idem..	295	16	La brea se separa de los líquidos destilados.
» 5 tarde...	295	17	Disminucion de líquidos.—8 por 100 de ácido acético.
» 12 noche..	326	18	Líquido muy denso; mitad brea.
10 Setiembre 1 mañana.	370	19	Abundante líquido muy rico en brea.
» 3 idem...	390	20	Llama blanca, decreciendo en intensidad.

Del contenido de estos cuadros se deduce que á la temperatura de 100 grados ha comenzado ya la descomposicion de la madera, formándose mithyleno, sustancia que, contenida aisladamente en una vasija, se volatiliza á 60°. Un fenómeno contrario ocurre con el ácido acético, pues miéntras una vez formado hierve á 12°, se le encuentra en los líquidos que origina la destilacion á 100 grados, acompañando al mithyleno, arrastrado por los vapores de este cuerpo y los del agua.

Los primeros gases producidos no son combustibles ni consienten que en ellos se continúe la combustion de otro cuerpo encendido. Débese esto á la gran cantidad de ácido carbónico; pero sin excluir la presencia del óxido de carbono é hidrógeno carburado, cuya accion no se manifiesta ante las más poderosas del ácido carbónico y del vapor acuoso.

A medida que la destilacion avanza y la temperatura se eleva, sin exceder la de 230 ó 240°, crece tambien la produccion de ácido acético, sin manifestacion apenas de la brea ni de la creosota.

A los 240° próximamente empieza á decrecer la produccion de ácido acético, que es reemplazado en la parte líquida de la destilacion por brea y aceites. Disminuye la cantidad de ácido carbónico en los gases, dominando la de óxido de carbono.

A los 290° ha disminuido grandemente la produccion de ácido carbónico y la de ácido acético, aumentando la de los gases combustibles, brea y aceites, separándose estos últimos del resto de los líquidos destilados.

A los 300 grados arden perfectamente los gases, aumentando la produccion de hidrógeno carburado.

La brea tiene su máximum de produccion entre los 320 y 370 grados. A esta temperatura los gases son eminentemente combustibles.

Con la temperatura de 400 grados termina la destilacion, dejándose de producir líquidos y gases en cantidad bastante para ser industrialmente aprovechados.

Profundizando ahora la cuestion en su parte teórica, ocurre preguntar: puesto que con el aumento de temperatura varía la naturaleza y cantidad de los productos de la destilacion, ¿es que éstos existian ya formados en la madera y necesitaban únicamente fuerza de desagregacion especial para venir al mundo de lo inorgánico, abandonando su antiguo depósito? ¿Es, por el contrario, que existiendo los cuerpos elementales de la madera en posicion de unirse, la temperatura determina la fórmula con que esta agrupacion ha de verificarse?

Defensores han tenido una y otra de las teorías que acabo de indicar; pero la hipótesis y la razon, más que el análisis y la experiencia, inclinan hoy la balanza del lado de los que piensan que la madera descompuesta á temperaturas elevadas tiene idéntica composicion que la destilada á temperaturas más bajas, y que el calor determina la descomposicion del ácido acético y del mithyleno, produciendo cuerpos más ricos en carbono, á la vez que entre los gases hay una afinidad mayor del oxígeno y del hidrógeno para con el carbono, originando óxido de carbono y carburos de hidrógeno.

La no preexistencia de todos estos cuerpos y su aparicion con las temperaturas correspondientes se demuestra al ver que, efectuada la destilacion desde un principio á fuertes temperaturas, no se obtienen sino aquellos productos que en la destilacion gradual se presentan cuando la temperatura es igualmente muy elevada. El paso de unas á otras sustancias se comprende con facilidad observando la igualdad siguiente:

$$C^4 H^3 O^3, HO + C^2 H^4 O^2 = 2 CO + C^4 H^4 + 4 HO;$$

ó lo que es igual, 1 equivalente de ácido acético, más otro de mithyleno, igual á 2 equivalentes de óxido de carbono, 1 de hidrógeno carbonado y 4 de agua. Puede, en consecuencia, afirmarse—al ménos hasta que la ciencia no destruya esta fundada hipótesis—que las cantidades de ácido

acético y de mithyleno contenidas y combinadas en la madera son mucho mayores que las cantidades obtenidas por destilacion normal, toda vez que la elevacion de temperatura á que se verifica la carbonizacion en su período último, opone un obstáculo insuperable á que dichas sustancias queden en libertad sin ser ántes descompuestas.

El análisis de los gases incondensables da para éstos la siguiente composicion:

Gases recogidos al comienzo de la destilacion.

Ácido carbónico....................	44,90	100
Óxido de carbono..................	36,80	
Hidrógeno é hidrógeno carbonado....	16,80	
Nitrógeno y pérdidas................	1,50	

Gases recogidos al fin de la destilacion.

Ácido carbónico....................	29,20	100
Óxido de carbono..................	24,90	
Hidrógeno é hidrógeno carbonado....	44,20	
Nitrógeno y pérdidas................	1,70	

En el interior de las retortas, y como residuo de la destilacion, queda el carbon, en tanta mayor cantidad, cuanto menor haya sido la temperatura que ha descompuesto la madera. En las destilaciones á temperaturas que no excedan de 350 ó 400°, queda un residuo que alcanza al 30 por 100 del peso de la madera empleada; y sin embargo, no es esto argumento contra la aseveracion de que el carbono constituye sólo el 25 por 100 como sustancia fija en las destilaciones, pues calcinando el carbon de las retortas, se ve que éste contenia gran cantidad de gases que aumentaban su peso, sin que el valor del carbono contenido excediera en ningun caso del que se da como límite en el cuadro de los productos originados por la destilacion.

Acompañando siempre á éstos, se recoge en los depósitos una cierta cantidad de agua, procedente de la union

del oxígeno y del hidrógeno, que se hallan libres por el efecto de la descomposicion de la madera, y otra que representa la humedad de la madera sometida á la destilacion. Ambas cantidades de agua, que en junto forman más del 50 por 100 del líquido condensado, son obstáculo á las destilaciones sucesivas, haciendo consumir gran cantidad de combustible, como el que ya ántes, durante la destilacion, hubo que emplear en hacer perder á la madera su agua de vegetacion ó la adquirida por higrospicidad. Dedúcese de aquí la conveniencia de que las maderas estén secas al someterlas á la destilacion, no empleándose aquellas que no lleven algunos meses de cortadas, y no hayan estado además á cubierto de las lluvias, y en general de todo manantial de humedad.

La desecacion previa artificial sería muy costosa é ineficaz casi siempre, pues sometiendo la madera á una temperatura superior á 100°, hay ya un comienzo de alteracion y una pérdida de productos útiles, y si la desecacion es á menor temperatura, pronto vuelve la madera á cobrar humedad, si no se la emplea en un plazo muy breve.

Separacion de los productos de la destilacion.—El líquido de los recipientes en comunicacion con las retortas en que se destila la madera representa la suma de productos volátiles, condensables á la temperatura media y presion ordinaria de la atmósfera en el lugar de la fabricacion.

Las diversas sustancias que constituyen este líquido, en el cual domina el agua, se colocan naturalmente, por la diferencia de densidades, en tres capas perfectamente discernibles.

Constituyen la capa inferior la brea, los aceites pesados de creosota y el ácido acético en disolucion: la capa superior está formada por aceites ligeros, resinosos, conteniendo tambien ácido acético disuelto; la tercera ó del medio se compone de agua, alcohol mithyleno, acetona, ácido acético, ether mithylacético, ácido oxypénico, etcétera, etc.

La separacion primera ó fundamental—única de que ligeramente voy á ocuparme—se dirige á obtener tres grupos de cuerpos, mejor que tres sustancias claramente definidas: *breas*, *ácido acético* y *alcohol mithylico*.

Breas.—Por decantacion, ó mejor aún, sirviéndose de una llave que tiene el recipiente en su fondo, se saca toda la brea que constituye el depósito más denso ó capa inferior, llevándose á un alambique de destilacion. Esta destilacion da mithyleno y ácido acético impuro, mezclados á diversos aceites de extremada combustibilidad y de composicion muy compleja.

Por residuo en el alambique se obtiene la brea, líquida miéntras se halla caliente, pero que se solidifica al salir del alambique. Acompañan á este producto la paraffina, el ácido acético, ácido fínico, creosota, etc., que se obtienen en aparatos especiales.

Mithyleno.—El líquido restante, que constituye las capas primera y segunda del recipiente, se introduce en un alambique calentado al vapor, con objeto de extraer el mithyleno (espíritu de madera), que hierve á los 66° y que por esta propiedad puede separarse del resto del líquido.

Destilado de nuevo por dos ó tres veces, con adicion de cal, se purifica, abandonando las porciones de brea y de ácido acético que pudiera haber arrastrado en la primera operacion.

Acido acético.—Se obtiene convertido en acetato de sosa, destilando el ácido piroleñoso privado ya del mithyleno y haciendo que los vapores pasen á un recipiente, en el cual hay una lechada de cal y de sulfato de sosa. Los vapores se condensan, produciéndose sulfato neutro de cal casi insoluble y acetato de sosa soluble. El primero se separa por decantacion, y la brea que ha quedado de residuo en el alambique se mezcla á la obtenida directamente en el comienzo de estas operaciones.

La disolucion de acetato de sosa se concentra por el calor hasta pasar el punto de saturacion, con lo cual se

forman abundantes cristales de aquella sal, siempre impuros por contener alguna parte de brea, resinificada durante la evaporacion.

Operaciones muy variadas, hechas en aparatos especiales, permiten purificar los productos dichos y trasformarlos en otros de más valor en las artes, como igualmente aislar y recoger los múltiples cuerpos que en las breas y en las aguas de decantacion y locion se encuentran y que á tan alto grado de importancia elevan la fabricacion de las sustancias derivadas de la destilacion de la madera.

Gas del alumbrado producido por la destilacion de la madera. — Los gases producidos en los vasos destilatorios cuando la descomposicion de la madera se verifica entre 150° y 400° arden, pero dan poca luz, á causa del exceso de óxido de carbono y la ausencia de hidrocarburos, que son los que comunican al gas las propiedades luminosas.

En el gas de la hulla, por el contrario, los hidrocarburos son abundantes y se desprenden desde el primer momento de la destilacion. Comparando la hulla y la madera, bajo el punto de vista de la produccion de gases para el alumbrado, encontramos como diferencias esenciales: 1.ª, que la destilacion de la hulla se verifica á una temperatura bastante alta para que desde el primer momento se originen hidruros de carbono, y en la madera se verifica la carbonizacion mucho ántes, siendo preciso elevar la temperatura de los gases producidos y del residuo carbonoso con objeto de que los hidruros se originen á expensas del vapor de agua y del ácido carbónico; 2.ª, que la cantidad de gas desprendido de la madera es casi el doble de la producida por la destilacion de la hulla; 3.ª, que el gas de madera no contiene principio alguno sulfuroso, tan abundante en el de la hulla; pero en cambio encierra un 25 ó 30 por 100 de ácido carbónico, que es preciso eliminar ántes de la combustion de los gases si éstos han de producir toda la luz de que son susceptibles.

Eleccion y desecacion de la madera.—Numerosas observaciones han demostrado que todas las maderas, procedan de especies resinosas ó no, densas ó ligeras, dan por destilacion la misma cantidad de gases, y éstos de igual naturaleza. Las diferencias encontradas por los experimentadores se hallan comprendidas siempre en los estrechos límites dentro de los cuales vienen á coincidir los resultados de diferentes destilaciones con una misma clase de madera; resultados que no puede ménos de ser numéricamente distintos, dada la casi imposibilidad de mantener una marcha constante y uniforme en las operaciones de la destilación.

Las especies más usadas en esta industria dan, por término medio y 100 kilógramos de madera desecada, la siguiente cantidad de gases:

CLASES DE MADERA	METROS CÚBICOS
Abeto	37,72
Pino.	32,49
Roble	34,02
Haya	33,45
Abedul	35,15
Alerce	31,18
Tilo	37,00
Sauce	37,42

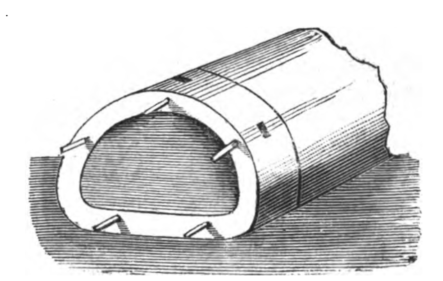
Las perturbaciones ó diferencias en la obtencion de gas, y en su mayor ó menor poder luminoso, dependen de la cantidad de agua contenida en la madera. A la temperatura elevada (700° y 800°) á que se verifica la destilacion en el caso actual, el carbono descompone al vapor de agua, formándose ácido carbónico, óxido de carbono é hidrógeno.

Con objeto de que esto no suceda, se deseca previamente la madera; para lo cual, despues de haberla tenido expuesta al aire por algunos meses, se introduce en cámaras calientes situadas por lo comun junto á los hornos

de destilacion, y dispuestas de modo que por espacios entre los muros, ó por tubos adosados á la cara interna de éstos, pasen los humos del hogar. Al extraer la madera de estos secaderos debe ser inmediatamente introducida en las retortas, pues bastan pocos dias, y áun pocas horas si el aire es húmedo, para que recobre una gran cantidad del agua perdida por el calor.

Aparatos y marcha de la destilacion.—La necesidad de someter la madera y sustancias derivadas á una fuerte temperatura obliga á variar de retortas ó vasos destilatorios cuando el objeto principal es obtener gas con destino al alumbrado. Esta operacion llega á constituir una industria diferente á la que en el capítulo anterior hemos descrito con el título general de destilacion de la madera.

Las retortas más usadas—porque son las únicas que dan satisfactorio resultado—pertenecen al tipo de las empleadas en la destilacion de la hulla, pero construidas de fundicion, en vez de serlo de barro, con objeto de que propaguen más fácilmente el calor. La seccion de la retorta es una ⌓ con los ángulos rebatidos *(fig. 18)*, y sus



(Fig. 18)

dimensiones más comunes $0^m,30$ á $0^m,35$ de altura, $0^m,60$ de ancho y $2^m,70$ de largo. En ellas caben 50 kilógramos de madera, produciendo de 200 á 240 metros cúbicos de gas en veinticuatro horas, ó sea en doce cargas, á razon de dos horas por cada destilacion, incluso el tiempo de carga y descarga de las retortas. Estas se colocan sobre

hornos análogos á los empleados en la destilacion de la hulla, con la sola diferencia de que las llamas deben actuar sobre la mayor superficie posible de las retortas. El hogar se alimenta con leña, pudiendo consumir turba ó cok, segun las condiciones de la localidad.

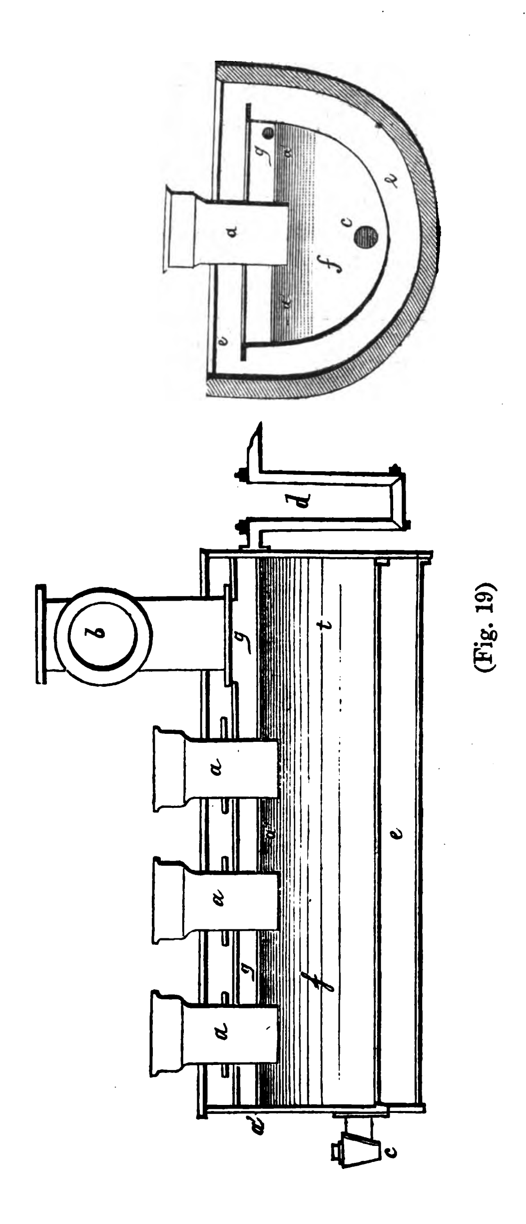
Suponiendo que la temperatura permanezca constante entre 750° y 850°, la destilacion es rápida desde el primer momento, como manifiesta el siguiente cuadro:

	CANTIDAD DE GAS RECOGIDO EN LOS TIEMPOS						TOTAL
	Primer cuarto de hora.....	Segundo cuarto de hora..	Tercer cuarto de hora.....	Cuarto cuarto de hora.....	Quinto cuarto de hora.....	Sexto cuarto de hora.....	
	m. c.	*m. c.*	*m. c.*	*m. c.*	*m. c.*	*m. c.*	*m. c.*
50 kilógramos de abeto...	7,86	5,88	3,50	0,84	0,05	0,0	18,13
50 kilógramos de pino...	5,93	5,15	3,41	1,92	0,16	0,03	16,60

Terminado el desprendimiento de gases se quita la tapadera de la retorta, y sirviéndose de una barra de hierro doblada *(ringard)* se saca el carbon, haciéndole caer en cajas tambien de hierro, que se cierran y enlodan hasta que el carbon se enfria.

Para la condensacion de las materias líquidas que acompañan á los gases, al mismo tiempo que para interceptar la comunicacion directa de las retortas y los gasómetros, se emplea el aparato que representa la figura 19.

Consta de dos vasos concéntricos, *e* y *f*, lleno de agua el primero ó externo, y que sirve de refrigerante al *f*, provisto tambien de agua hasta *á á*. El gas y los productos todos de la destilacion llegan por los tubos *a*, *a*, *a*, correspondiente cada uno á una retorta; abandonan en el



(Fig. 19)

agua la brea, el ácido piroleñoso, etc., y dejan escapar al gas que, en forma de burbujas, pasa al espacio *g* y al gran tubo *b*, que comunica con los purificadores.

El tubo *d*, dispuesto en forma de sifon, sirve para la salida de los ácidos, que se condensan y ocupan la capa superior del líquido contenido en el recipiente *f*, miéntras el conducto *c* permite separar la brea que ocupa el fondo del referido depósito.

Purificacion y composicion química de los gases.—Al salir éstos del condensador contienen gran cantidad de ácido carbónico, que es preciso separar para que aumente el poder luminoso del resto de la materia combustible.

Esta separacion del ácido carbónico se consigue haciendo pasar el gas por capas de cal viva, dispuestas en grandes cajas de fundicion. Dichas capas tienen 5 á 7 centímetros de espesor y hay que renovarlas con frecuencia, por lo cual se necesita una cantidad considerable de cal, que no recibe despues aplicacion alguna. Los datos más autorizados dicen que para 100 metros cúbicos de gas de madera hacen falta 105 kilógramos de cal. La extincion completa del ácido carbónico no se consigue ni áun empleando un exceso de cal, pues siempre acompaña al gas 10,2 por 100 de ácido carbónico.

Los siguientes datos, suministrados por la fábrica de Darmstadt, son de grande interés como base comparativa entre los productos totales resultado de la destilacion de la madera, y consignan que de 5,693 esterios de abeto se obtuvieron 531,600 metros cúbicos de gas, 2,684 esterios de carbon, 42,050 kilógramos de brea y 29,550 kilógramos de acetato de cal. La purificacion exigió 772 metros cúbicos de cal viva.

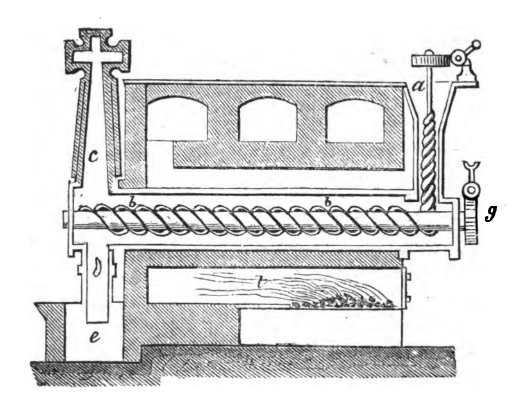
El gas así obtenido ofrece una composicion media—segun Kussig,—que puede formularse:

	Por 100
Hidro-carburos pesados..........	10.6 á 6.5
— ligeros..........	35.3 á 9.4
Hidrógeno..................	48.7 á 18.4
Oxido de carbono..............	61.8 á 22.3

Además—y aunque en pequeñas cantidades—contiene principios oxigenados, ácido carbónico, creosota, ácido acético, alcohol mithylico, etc., etc.

El poder iluminador del gas de madera guarda con el procedente de la destilacion de la hulla la relacion de 6 á 5.

El horno de A. P. Halhday *(fig. 20)* sirve para desti-



(Fig. 20)

lar las maderas de desecho, como serrin, virutas, etc., reducidas á porciones muy pequeñas.

La retorta es alargada y lleva en su interior un cilindro con hélice, cuyos bordes tocan inferiormente el suelo de la retorta. Cuando ésta se halla á la temperatura conveniente, se echa el polvo de madera por la tolba *a*, y moviendo los cilindros, vertical y horizontal, mediante un torno *g*, corre la materia á lo largo del cilindro *b*.

Durante el paso de uno á otro extremo de la retorta se

verifica la destilacion, saliendo los productos volátiles por el tubo *c* y cayendo el carbon en el depósito *e* lleno de agua.

Diversos autores, como Bowers, Salomons, Stolzc, etcétera, han introducido modificaciones á estos hornos; pero todas son de detalles que en nada alteran la esencia del mismo.

CAPÍTULO VI

Cenizas.

Son el residuo de la combustion de las maderas al aire libre y contienen todas las bases minerales del vegetal combinadas anteriormente con diversos ácidos, de los cuales unos persisten despues de la incineracion produciendo fosfatos, sulfatos, cloruros, etc., y otros han desaparecido por la accion del calor, siendo reemplazados por el ácido carbónico, que constituye carbonatos, principalmente de potasa y de sosa. La presencia de estas sales y la proporcion en que se encuentran en las cenizas son causa del valor industrial que las mismas reciben y han recibido desde los tiempos antiguos; pues sabido es el uso de la lejía en el lavado de las ropas utilizando la propiedad que tiene de combinarse con las materias grasas originando compuestos solubles en el agua.

Procediendo del suelo las sales minerales que almacenan los tejidos de las plantas, y siendo aquéllas varias por su composicion química y mineralógica, natural es que varien tambien los elementos recogidos en las cenizas; y esto, no sólo con el cambio de lugar, sino áun dentro de una misma planta, segun el órgano analizado concurra con mayor ó menor accion al ejercicio de la vida y desarrollo del individuo. La corteza es siempre más rica en sustancias minerales que el leño ó porcion interior del

tallo, y las hojas aventajan en este punto á la corteza, principalmente en el grupo de las especies arbóreas.

M. Peligot, empleando métodos exactos de análisis, ha observado la falta de sosa en la madera de roble y carpe. Varía el contenido en principios minerales de las cenizas, segun las familias ó grupos naturales de plantas; pero varía poco por la diversidad de terrenos, particularmente en los árboles.

Los fosfatos dominan en las semillas; y las sustancias insolubles en el agua pura, pero solubles en el agua cargada de ácido carbónico, existen en proporciones notables en las hojas y en la madera de los árboles.

El análisis espectral ha demostrado la presencia de muchos cuerpos que carecen de valor industrial y dejan de ser por ello objeto de nuestro estudio.

El siguiente cuadro, que reune las observaciones de diversos autores, da á conocer la cantidad total de cenizas recogidas en la combustion de varias especies:

PORCION INCINERADA	CANTIDAD DE CENIZAS POR 100	OBSERVADORES	
Roble pedunculado......	3,30	Berthier.	
Nogal......	3,00	Staffel.	
Haya...........	0,40	Karsten.	
Abedul................	0,30	Wittstein.	
Idem..................	1,00	Berthier..	Plantas en su estado natural de humedad.
Roble (ramas)..........	2,50	Idem	
Idem (corteza)...	6,00	Idem	
Tilo.........	5,00	Idem	
Chopo, arce............	0,20	Idem	
Boj......	0,36	Idem	
Moral blanco	1,60	Idem	
Abeto (sapin)...........	0,83	Idem	

PORCION INCINERADA	CANTIDAD DE CENIZAS POR 100	OBSERVADORES	
Roble (hojas, 10 Mayo)..	5,30	Saussure.	Plantas secas.
Idem (id., 27 Setiembre).	5,50	Idem	
Idem (corteza de ramas).	6,00	Idem	
Idem (madera sin albura)	0,20	Idem	
Idem (albura)	0,40	Idem	
Pino (hojas).......... .	2,90	Idem	
Idem (ramas sin hojas) .	1,50	Idem	

En los árboles, y más particularmente en los que constituyen montes, es ménos frecuente que en las plantas herbáceas ó arbustivas la sustitucion de una sal por otra de accion equivalente, y á lo más, cuando este cambio se verifica, lo es siempre en cantidades muy pequeñas. El ácido fosfórico no es reemplazado por ningun otro ácido mineral, ni la magnesia ocupa el lugar de la cal, ni la sosa el de la potasa, etc. Cuando alguno de estos productos falta en el terreno que sirve de asiento á la planta, el análisis de las cenizas acusa el vacío en este punto, permaneciendo, sin embargo, los otros compuestos en la misma cantidad con que de ordinario y en aquella especie se presentan.

El adjunto cuadro, formado con las observaciones de Berthier, da perfecta idea de la composicion química de las cenizas de los árboles que más nos importa conocer:

ANÁLISIS DE BERTHIER

ELEMENTOS DE 100 PARTES DE CENIZAS		MADERA de carpe	CARBON de carpe	CARBON de haya	MADERA de roble	CORTEZA de roble	MADERA de tilo	MADERA de aliso	MADERA de abeto	MADERA de pino	MADERA de nogal	MADERA de abedul	CORCHO
PARTE SOLUBLE EN EL AGUA	Acido carbónico	»	4,43	3,65	2,88	1,45	2,96	»	7,66	2,89	3,11	2,72	7,71
	Acido sulfúrico	»	1,30	1,19	0,97	0,37	0,81	1,24	0,80	1,67	0,78	0,37	2,06
	Acido clorhídrico	»	0,83	0,85	0,01	0,04	0,19	0,06	0,08	0,92	0,08	0,03	0,13
	Acido silícico	»	0,18	0,16	0,02	0,05	0,17	»	0,26	0,18	0,08	0,16	0,06
	Potasa	»	9,12	10,45	8,11	4,33	6,55	»	16,80	4,41	11,27	12,72	31,50
	Sosa	»	2,14							3,53			
	TOTAL	19,22	18,00	16,30	12,00	6,24	10,80	18,80	25,70	13,60	15,40	16,00	31,50
PARTE INSOLUBLE EN EL AGUA	Acido carbónico	26,92	24,43	27,53	34,99	37,32	35,75	25,17	17,17	32,77	32,83	26,04	22,06
	Acido fosfórico	8,11	7,22	4,77	0,71	»	2,51	6,25	3,14	0,91	4,19	3,61	5,83
	Acido silícico	4,05	3,20	4,85	3,36	1,03	1,80	4,06	5,97	4,19	3,67	4,62	2,25
	Cal	31,31	35,75	35,66	48,41	47,78	46,50	40,76	29,72	38,51	37,06	43,85	34,57
	Magnesia	6,33	5,70	5,86	0,53	0,75	1,97	2,03	3,28	9,56	3,84	2,52	1,76
	Oxido de hierro	1,30	0,08	1,25	»	»	0,09	2,92	10,53	0,09	3,50	0,42	0,08
	Oxido de manganeso	2,76	5,70	3,77	»	6,88	0,54	»	4,48	0,36	»	2,94	1,26
	TOTAL	80,78	82,08	83,70	88,00	93,76	89,20	81,20	74,30	86,40	84,60	84,00	68,50

Desde luégo vemos que la sustancia más abundante es la cal, que por sí sola constituye una tercera parte del contenido total de las cenizas. La magnesia y el óxido de hierro se distribuyen con grande irregularidad, segun la especie de plantas en que se las estudia, y entre unas y otras, en proporcion de un décimo próximamente, figuran la potasa y la sosa, combinadas al ácido carbónico y formando sales solubles de inmensa aplicacion en la industria.

Miéntras no se conocieron procedimientos químicos especiales para preparar las sales de potasa y sosa contenidas en muy diversos compuestos minerales, el sistema de la calcinacion de las plantas tomó grande incremento é importancia suma. Hoy dia, y refiriéndonos tan sólo á los árboles ó plantas de mònte, bien puede asegurarse que el aprovechamiento de cenizas como producto primario no es compatible con los buenos principios de economía forestal. Tan sólo en algunos casos muy excepcionales—con sobra de materia leñosa y falta de consumo ó demanda para las maderas — se comprende su incineracion con objeto de aprovechar la potasa, que áun en los casos más favorables representa el 0,2 por 100 del peso de la madera consumida.

Como la experiencia nos dice que aún existen, por desgracia, puntos en los cuales no tienen valor propio los árboles de monte, y además, en mejores circunstancias, hay productos secundarios, restos de cortas y talleres de sierra, que conviene utilizar en bien del propio monte de que proceden y en beneficio de su propietario, resulta que la incineracion se justifica en ciertos casos y se sobrepone á la destilacion por la facilidad y economía en el procedimiento. Algunas regiones de Austria y Hungría, Suecia y Noruega, Rusia, América del Norte, y hasta Francia y algunos pocos puntos de España, dan al comercio sales de potasa, extraidas de las cenizas de productos de monte. Y el sistema no puede ser más sencillo.

Obtencion de cenizas.—Apeados los árboles que han de

incinerarse, se construye un hoyo, dentro de la misma corta, y en él se van arrojando los troncos, hechos pedazos, que arden con abundante llama, favorecida por la corriente de aire que se determina removiendo frecuentemente los leños encendidos y el rescoldo de estos enormes braseros. Cuando toda la materia orgánica se ha destruido y resta sólo un depósito de ceniza, se la deja enfriar y se la deposita en un cubierto ó choza. En cuanto al serrin y astillas de los talleres de corta, se amontonan y encienden, dejándolas arder paulatinamente hasta su completa destruccion.

Las cenizas, recogidas y envasadas en sacos ó cajones, pueden ser desde luégo expedidas á las fábricas de elaboracion de potasa; pero es comun hacer sufrir á la ceniza una operacion previa con el objeto principal de reducir su volúmen y dar garantías de pureza al producto así obtenido.

Al efecto se humedece la ceniza con agua, removiéndola hasta que forme pasta, de la consistencia de un *mortero*, y en el mismo pozo de la quema anterior, ó en otro análogo, se disponen alternadamente lechos de troncos y ramas y capas de esta ceniza pastosa. Despues se prende fuego á las maderas, y con esto la ceniza, que recibe todo el calor producido, sufre como un principio de fusion en el agua, y mitad sólida, mitad líquida, cae al fondo del hoyo, de donde se saca con palos y barras de hierro, á los que se adhiere fuertemente al enfriarse.

La ceniza ha perdido su aspecto pulverulento y aparece como una escoria más ó ménos porosa, de color azulado y pardo, que en los Cárpatos llaman *aschengrieben*, en Silesia le dan el nombre de *sinterasche*, el de *ockras* en Suecia, *cenizas azules* en Polonia, etc., etc. En este último punto se simplifica la preparacion de las cenizas disponiendo el hoyo y las leñas como en el caso general, pero rociando éstas con una lejía de cenizas anteriormente producidas, logrando así, con una sola combustion, obtener ceniza semifundida, residuo de la evaporacion del

agua en que estaban disueltas gran parte de la potasa y sosa.

Encerrada en barricas ó cajones, se expide la ceniza para las fábricas de refinacion ó purificacion.

Con lo dicho podríamos terminar este punto, que toca ya el límite impuesto á la industria propiamente forestal; pero en países donde no se han generalizado ciertas industrias, no pueden separarse fácilmente las diversas operaciones que un mismo producto exige para hacerse apto al consumo, y aparecen juntas la preparacion y la purificacion, siquiera ésta no se verifique con grande esmero. Diremos en consecuencia algunas palabras sobre la extraccion de la potasa contenida en las cenizas de los árboles.

Como en uno de los cuadros anteriores se indica, el agua disuelve algunas de las sales que constituyen las cenizas, y entre ellas los carbonatos de potasa y sosa que representan próximamente los $\frac{4}{5}$ del total de las sustancias solubles.

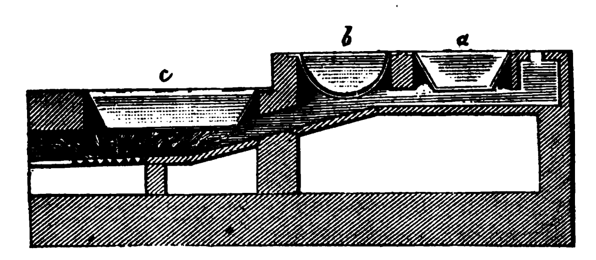
El lavado de las cenizas se efectúa colocando éstas en cubas de doble fondo, provistas de llave en la parte inferior y haciendo llegar un chorro de agua hasta que llene por completo la cuba. Trascurridas dos horas se abre la llave y se recoge la lejía que lleva en disolucion gran parte de los principios solubles de la ceniza.

Cuando ha salido todo el líquido se cierra otra vez la llave, echando nueva cantidad de agua que se deja en la cuba por espacio de otras dos horas. Extraida la lejía resultante se repite por tercera vez la operacion, siendo frecuente y útil que el agua añadida últimamente tenga una temperatura superior á 60°.

Otros calientan ya el agua de la segunda locion, y en tal caso la lejía que se obtiene al vaciar por tercera vez la cuba se emplea en humedecer nuevas cantidades de cenizas colocadas en otras cubas análogas á la empleada anteriormente.

Reunidas todas las lejías en un depósito, procede efec-

tuar la evaporacion del agua para obtener las sales por residuo, y al efecto se disponen hornos especiales que permitan calentar varias calderas á la vez. Sirva como ejemplo el representado por la figura 21, provisto de tres



(Fig. 21)

calderas, *a b c*, de mediano tamaño las primeras y con gran superficie de calentamiento la tercera.

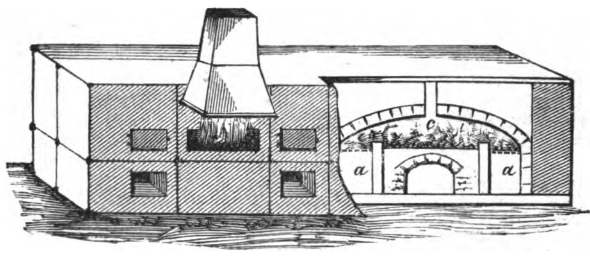
La lejía se coloca en un principio en todas las calderas; pero á medida que las disoluciones se concentran va haciéndose pasar el contenido de la caldera *a* á la caldera *b*, echando en la primera nueva cantidad de lejía.

De la *b* pasa á la caldera *c* en un estado próximo al de la pastosidad, y en ella se termina la evaporacion removiendo la masa con rastrillos de hierro hasta alcanzar su completa desecacion.

El residuo es de color gris sucio, casi pardo, y se compone de carbonato de potasa, carbonato de sosa, agua (6 á 12 por 100), fosfato y bicarbonato de potasa, sulfuro de potasio, potasa cáustica y materias orgánicas, con más algunas pequeñas porciones de óxido de hierro y manganato de potasa procedentes de arrastres verificados por el agua de locion. Con objeto de eliminar ésta y las sustancias orgánicas, se somete aquel primer residuo á una calcinacion al aire libre, sirviéndose de hornos muy diferentes, aunque análogos en su esencia, al representado por la figura 22, en la cual *a a* son hogares y *c* es la meseta donde se coloca la sal.

Conviene advertir que ésta no se introduce en el

horno hasta que sus paredes han adquirido la temperatura del rojo blanco, y áun entónces se hace paulatinamente con objeto de no ocasionar un enfriamiento muy rápido.



(Fig. 22)

Terminada la carga se cierra la portezuela con una plancha de hierro, tanto para facilitar el aumento de temperatura, como para evitar la salida de numerosos fragmentos que saltan por la decrepitacion de la sal fuertemente calentada.

Los vapores blanquecinos que se forman durante la primera media hora, poco más ó ménos, son de vapor de agua, y expulsado éste comienza la verdadera calcinacion.

Para que las partes carbonosas desaparezcan convertidas en ácido carbónico ú óxido de carbono, es preciso que el aire se ponga en contacto con toda la masa, y al efecto se hace indispensable removerla con barras de hierro y romper los núcleos en que aquélla se aglutina hasta dejarla reducida á fragmentos pequeños del tamaño máximo de una avellana.

Seis horas bastan por lo comun para reducir todos los puntos negros que se observan en la sal, quedando ésta blanqueada y en estado de servir para los numerosos usos que en la industria recibe.

Al sacarla del horno se introduce la sal en barriles que se cierran cuidadosamente para evitar el acceso de la humedad, y en esta disposicion se lleva á los mercados.

El purificar la potasa, separándola por completo de las otras sustancias que en combinacion ó mezcla le acompañan, se ejecuta siempre en las fábricas de productos químicos; pero sólo para una cierta cantidad de materia, pues, en general, la llamada potasa calcinada (perlash americana) se emplea sin purificacion especial alguna.

APÉNDICE

Turba.

Orígen y clasificacion.—Marcando el tránsito entre los combustibles propiamente vegetales y los llamados minerales por la trasformacion de la sustancia organizada que los constituye, se encuentra la turba, poco abundante en nuestra Península, pero frecuente y ocupando grandes extensiones de terreno en el centro y Norte de Europa, como tambien en las regiones más septentrionales de otros continentes.

Fórmase la turba por la aglomeracion de raíces y despojos (tallos y hojas) de muy diversas plantas, acuáticas todas ellas, bien sea que mantengan únicamente en el agua sus raíces, ya se hallen total y constantemente sumergidas en ella. El proceso de la formacion de la turba es lento y exige condiciones especiales de temperatura, razon por la cual sus depósitos ó están relegados á las comarcas frias, ó acusan, cuando son antiguos, cambio en las condiciones climatológicas de la region en que se encuentran.

No recordaremos, porque sería traer á este apéndice lo que sólo cabe en un tratado especial de las turberas, las variadas y numerosas hipótesis emitidas por diversos autores para explicar la formacion, crecimientos y conservacion de la turba, hipótesis que comienzan en Frant, al

asignar á este combustible (depósitos antiguos) un orígen mineral, y terminan con Zimmermann, sostenedor del orígen vegetal de todas las turbas y autor de la teoría hoy aceptada sin restriccion alguna.

La acumulacion de los restos vegetales que constituyen la turba exige, segun Zimmermann, larga serie de años medidos por siglos, y áun en ciertos casos por millares de ellos. Aunque el exámen de algunas turberas pudiera hacer creer que éstos aumentan con grande rapidez, débese esto á que la capa superior es la única que aumenta produciendo turba de color pardo claro y poco consistente.

Para que la turba gane en propiedades, cobrando cohesion y por consiguiente densidad, al paso que su color cambia al pardo oscuro, casi negro, es preciso que descanse centenares de años sometida á su propio peso y á la accion lenta pero constante de los agentes que ocasionan su trasformacion.

Por antiguas que sean las turberas, y algunas remonten á períodos que la paleontología y prehistoria llevan muy léjos de nuestra edad presente, fuerza es reconocer que este combustible no se formó en épocas geológicas distintas de aquella á que coresponden los fenómenos actuales que caracterizan el período moderno, posterior á esos inmensos aluviones conocidos con el nombre de *diluvium*. Por esto, si otras razones de indiscutible autoridad no separasen completa y totalmente los llamados combustibles minerables (hulla y lignito) de la turba, por cualidades físicas que jamás consienten la confusion de estos productos, hallaríamos base cierta de clasificacion para los mismos en la edad de las formaciones que los contienen, toda vez que ni los primeros descienden en antigüedad de las formaciones terciarias (lignito) ni la última sube de los aluviones modernos de la época post-diluvial.

La razon que explica y abona esta diferencia se funda en que no sólo durante esos largos espacios de tiempo fueron varias las condiciones climatológicas del globo, sino

que, y por virtud de ello mismo, fué distinta su flora, no habiendo aparecido hasta estos últimos tiempos las especies genuinamente productoras del combustible que estudiamos.

Con relacion á éstas, se dividen las turberas en tres grupos:

I. Turba de marismas.
II. Turba de las llanuras.
III. Turba de las montañas.

Se incluyen en el primero los depósitos de turba existentes en la desembocadura de los grandes rios, en los estanques, lagos y en las orillas poco profundas del mar. La condicion indispensable para la formacion de esta clase de turba es, segun manifiesta Rose (1), una capa de agua poco profunda y de escasa corriente, y la presencia de vegetales leñosas, tales como los pertenecientes á los géneros *arundo*, *phragmites*, *scirpus*, *tipha*, *stellaria*, etc. Estas plantas, sostenidas por sus raíces implantadas en el suelo, verifican fuera del agua las funciones propias de su vegetacion anual, y al convertirse en detritus, que depositan á sus piés, acumulando los de muchos años, originan esa capa en un principio blanda y esponjosa, mas compacta despues, que constituye la turba.

Al grupo de las turberas de llanura corresponden aquellas que se presentan en los terrenos bajos y húmedos del interior de los continentes. En su orígen, y á juzgar por los restos de vegetales superiores que en ellos se encuentran, fueron aquellos sitios abundantes en bosques, destruidos y sumergidos á causa de hundimientos, huracanes ó copiosísimas lluvias, cuyo primer efecto consistió en amontonar los tallos, ramas y raíces de diversas especies arbóreas, constituyendo extensa y gruesa capa de restos vegetales comprimidos por el propio peso de sus troncos. Despues, y á diferencia de lo ocurrido en épocas

(1) *Traité complet de la tourbe*, por Ernest Rose.

anteriores, cuando materiales térreos vinieron á cubrir otros depósitos análogos á éstos, quedó sólo el agua cubriendo ó humedeciendo aquellos restos; con lo cual, iniciada la descomposicion de los mismos, tuvo orígen una flora nueva que se encargó de mantener en lo sucesivo la vegetacion turbosa que hoy les caracteriza.

Las turberas de montaña ó del último grupo deben su orígen á una cantidad innumerable de musgos, comunmente del género *sphagnum (cuspidatum, plumosum, acutifolium, lentortum, squamosum*, etc.) y á las confervas *(conferva fugacisima, bullosa, corsata, lubrica, plumosa*, etcétera, etc.). Estos mugos encierran gran cantidad de agua, obrando como enormes esponjas; crecen en masa compacta y muy extendida; depositan sus semillas, que originan nueva y abundante generacion (1) sobrepuesta á las anteriores, y así enlazadas y por esta forma mantenidas, el depósito crece y la turbura aumenta sin otro descanso que el producido por las heladas, pasadas las cuales la vida de estos musgos cobra nueva y prodigiosa actividad.

Composicion y análisis.—La turba es un compuesto de carbono, hidrógeno, carburos é hidrocarburos, hidrógeno bicarbonado, óxido de carbono, amoniaco, sílice, sulfatos alcalinos de cal y de alúmina, etc., etc. Nada tan variado como la naturaleza química de las turbas, hecho que ponen de manifiesto los numerosos análisis ejecutados en muy diversos países y por muy acreditados autores.

Segun el Dr. Percy *(Traité de metallurgie)*, el ensayo de cuatro clases de turba procedentes de Philipstown y de Allen, en Irlanda, dieron los resultados siguientes:

(1) Una sola cápsula del *sphagnum cuspidatum* encierra 2.800.000 granos, contados con ayuda del microscopio.

Núm.	DENSIDAD	CARBONO	HIDRÓGENO	OXÍGENO	NITRÓGENO	CENIZAS
1	0,405	58,69	6,97	32,88	1,45	1,99
2	0,669	60,48	6,10	32,55	0,88	3,30
3	0,339	59,92	6,61	32,21	1,25	2,74
4	0,655	61,02	5,77	32,40	0,81	7,90

A su vez el análisis de las cenizas de turba ha dado á M. Roberto Kane, Director del Museo industrial de Irlanda, las siguientes cifras:

	1	2	3	4
Potasa..............	1,323	0,461	0,491	0,247
Sosa................	1,909	1,399	1,670	0,496
Cal.................	36,496	40,920	33,037	24,944
Magnesia............	7,634	1,611	7,523	1,285
Alúmina...	5,411	3,793	1,686	0,360
Sesquióxido de hierro..	15,608	15,969	13,281	19,405
Acido fosfórico........	2,571	1,406	1,438	0,242
Acido sulfúrico.......	14,092	14,507	20,076	10,742
Acido clorhídrico.. ...	1,482	0,983	1,747	0,335
Sílice en compuestos solubles en los ácidos..	3,595	1,111	2,148	1,082
Sílice y silicatos insolubles en los ácidos.. .	2,168	2,107	7,683	26,789
Acido carbónico... ...	7,761	15,040	8,340	13,890
	100,043	99,307	99,120	98,817

En cuanto al peso específico de las turbas, varía considerablemente, no sólo por la naturaleza del combustible,

sino tambien y muy especialmente por su grado de desecacion. Como término medio, deducido de muy repetidas observaciones, puede decirse que el peso de un metro cúbico de turba ordinaria es de 170 kilógramos, al paso que el de la turba prensada se eleva á 800 y hasta 900 kilógramos por igual unidad de volúmen.

Extraccion de la turba.—Lo primero que debe hacerse en la explotacion de una turbera, de llanura ó de montaña, es abrir zanjas que permitan la salida del agua estancada, y despues, y con mayor lentitud, la que va escurriendo continuamente por las paredes ó caras de las zanjas dichas. Por este solo hecho el espesor de la turbera disminuye considerablemente, cambiando la naturaleza esponjosa de las capas superiores por otra de mayor compacidad que se presta mejor á las manipulaciones á que nuevamente se la somete. No es mi ánimo entrar en detalles de procedimiento que exigirian largas páginas para su descripcion. La turba adquiere en España una importancia muy secundaria comparada con la alcanzada en las naciones más septentrionales de Europa, y únicamente he querido con la insercion de este apéndice no dejar fuera del grupo de los *combustibles vegetales* uno que de lleno pertenece á esta clase y que está llamado á ser el que reemplace en determinadas comarcas á la leña y carbones consumidos hoy con tan anómala arbitrariedad, que bien puede asegurarse llegará pronto el dia en que, á continuar por ese camino, desaparezcan los montes que hoy suministran tan importante elemento de riqueza en regiones cuyas condiciones climatológicas no consienten el progreso de la agricultura.

Cuáles sean aquellas manipulaciones, fácilmente se comprende con sólo notar cómo se da la turba en sus criaderos y cómo exige la industria que se la presente para el consumo. Ésta necesita que el combustible se halle en trozos de mediana magnitud, comprimido fuertemente para darle compacidad disminuyendo el volúmen, y al propio tiempo privado de humedad hasta dejarla en la

relacion de un 10 á un 15 por 100 que corresponde tambien á la leña seca que se consume en los hogares.

Por esto, además del procedimiento ordinario, que consiste en arrancar ó cortar por capas la turba en trozos que por su forma y volúmen recuerdan los *adobes* de nuestras provincias del Mediodía, dejándolos secar al sol y apilándolos despues para su conservacion ó venta, se ha recurrido en las grandes explotaciones á emplear el que merece llamarse *método perfeccionado*, y que comprende la *compresion*, *limpia, moldeado* y *desecacion* de la turba.

Extraida ésta por un medio cualquiera, que de ordinario lo es empleando aparatos de dragado, como si tratase de limpiar el fondo cenagoso de un estanque, la compresion se hace sobre la turba seca ó húmeda. En el primer caso, la turba arrancada del criadero se deseca al sol y se pulveriza, pasándola por un tamiz. Este polvo es con ducido al aparato propiamente *secador*, ó sea á una cámara caliente (50 á 60 grados centígrados), en la cual el polvo, reducido á un 8 ó 10 por 100 de humedad, cae en los cajones de una prensa muy poderosa que confecciona rápidamente ladrillos de turba, como las modernas prensas fabrican la baldosa ó el baldosin de arcilla que se emplean en los pavimentos. La condicion esencial para que la turba resulte convenientemente comprimida, es que la temperatura á que dicha compresion se ejecute sea la necesaria para que se inicie un principio de destilacion de los betunes, sin que al propio tiempo exceda de este punto originando pérdida de los gases combustibles.

Cuanto á la compresion húmeda, ésta apenas si merece tal nombre, pues consiste simplemente en diluir en agua la turba extraida, y apenas hecha una pasta muy flúida, que es elevada por medio de bombas y corre á lo largo de canaleros preparados al efecto, se la extiende en grandes *cajoneras* ó *charcas* de poca altura y suelo formado por una capa porosa de juncos, paja ó heno, en los cuales, por filtracion y por evaporacion, se desprende el agua y comprime la materia, que obreros prácticos cortan en forma

de adobes, extendidos y apilados despues hasta su posible desecacion.

Al aire, y por virtud del calor natural, rara vez la turba deja de contener de 25 á 30 por 100 de agua, cantidad que convierte en pura pérdida, al evaporarse durante la combustion, una parte importantísima de la potencia calorífica del combustible. Por esto, y para obviar dicho inconveniente, se ha tratado de desecar la turba, sirviéndose de aparatos diversos, fundado alguno de ellos en la accion evaporante del aire en corriente rápida, producida por turbinas, y tambien por el empleo del vapor; pero nada produce tan buenos efectos como el calentamiento de los ladrillos de turba en hornos formados de mampostería y con dimensiones medias de 2,50 metros de diámetro y 4 metros de alto. El calor necesario para secar una cierta cantidad de turba es el producido por la misma sustancia en el hogar del horno en proporcion de 1 á 9, es decir, que un metro cúbico de turba seca convenientemente 9 metros cúbicos del propio combustible.

Carbonizacion de la turba.—A semejanza de lo que hemos dicho sucede con los demás combustibles vegetales, hay gran ventaja muchas veces en trasformar la turba en carbon para emplearla despues bajo esta forma en las diversas industrias que la reclaman y utilizan por el poder calorífico que entónces presenta. La carbonizacion de la turba se efectúa, como la de las leñas, en hornos abiertos ó de libre acceso al aire, y en hornos cerrados. Tambien aquí podemos establecer la division entre unos y otros diciendo que la materia se carboniza á expensas del calor producido por su propia combustion, ó en virtud del que calienta al horno por la quema exterior de una cierta cantidad de turba y la de los gases producidos en el interior del mismo, traidos al hogar por conductos especiales, segun anteriormente dejamos manifestado.

En el primer caso, cuando la carbonizacion se efectúa en hornos abiertos, el rendimiento varía de 25 á 40 por 100, segun la calidad más ó ménos fibrosa de la turba.

En los hornos cerrados ó de destilacion, el carbon producido alcanza casi constantemente del 35 al 40 por 100 con un gasto de combustible representado por un 30 por 100 de turba ordinaria quemada en el hogar del horno.

Productos de la destilacion.—Aparte de la superior calidad de los carbones obtenidos por este método—término medio entre la hulla y el carbon de madera,—resulta la ventaja industrial de ser utilizables los productos de la destilacion, que adquieren en el mercado grande y merecida importancia.

Constituyen dichos productos la brea, aceites esenciales y volátiles, aguas amoniacales, gas hidrógeno proto y bicarbonado, óxido de carbono, ácido carbónico, y algunas veces alcohol, que tiene mucha analogía con el llamado *alcohol ó espíritu de madera.*

La destilacion de la turba difiere sólo en algunos detalles de la descrita anteriormente para la madera, efectuándose en retortas horizontales de fundicion, cuyas dimensiones medias son 2 metros de longitud por 48 centímetros de alto y 70 centímetros de anchura. Estas retortas se colocan de manera que un solo hogar caliente á tres de ellas, puestas en comunicacion por un tubo de hierro que termina en el condensador.

El cuadro completo de los productos originados por la destilacion de 1.000 kilógramos de turba prensada, procedente de Montoiré, es como sigue:

				Kilogramos
Turba prensada. 1.000 k..	Brea. 50 k.	Aceites ligeros. 20 k.	Aceite de bencina	3
			— del alumbrado	5
			— graso	8
			— á base neutra	4
		Aceite de parafina. 15 k.	Ácido fénico, creosota	5
			Parafina	3
			Carbon, grafito	2
			Gas, resíduo, pérdida	5
		Aguas amoniacales		4
		Brea seca		9
		Pérdida		2
	Aguas amoniacales. 340 k. (dando 22 k. de sulfato de amoniaco)			340
	Carbon 405 k.	Carbon grueso		260
		— menudo		110
		— polvo		35
	Gas y pérdida			205
				1.000

Sería traspasar los límites de este sencillo estudio entrar en la descripcion de aparatos y procedimientos empleados para la obtencion y purificacion de cada uno de estos productos, como lo sería en mayor grado reseñar el cultivo de las turberas, su importancia en órden á la cantidad reconocida y el empleo industrial de este combustible en diversas fabricaciones, y muy especialmente en metalurgia. Terminaré consignando la relacion ó cuadro comparativo del poder calorífico de la turba con otros diversos combustibles, tomado de la obra de M. Bosc y análisis especiales de M. Pêclet:

COMBUSTIBLES	PODER CALORÍFICO DE UN KILOGRAMO	
	En estado seco — *Calorías*	Con 25 por 100 de agua — *Calorías*
Madera desecada á 100°.............	3,600	»
Idem á 10 por 100 de agua.....	»	2,750
Antracita.........................	8,000	7,150
Carbono puro	7,800	7,000
Carbon de madera...........	7,300	6,500
Cok de turba prensada	7,400	6,500
Hulla de primera calidad.......	6,000	5,350
— de segunda idem.............	5,500	4,850
Cok de hulla......................	6,500	5,800
— de turba ordinaria.............	5,500	4,900
Turba limpia prensada.............	4,500	3,900
Turba ordinaria	3,200	2,800

INDICE

CAPÍTULO I

Combustion.

Páginas

CAPÍTULO II

Leñas.

CAPÍTULO III

Carbones.

CAPÍTULO IV

Carbones y breas.—Hornos portátiles.

CAPÍTULO V

Destilacion de la madera.

CAPÍTULO VI

Cenizas.

APÉNDICE

Turba.

